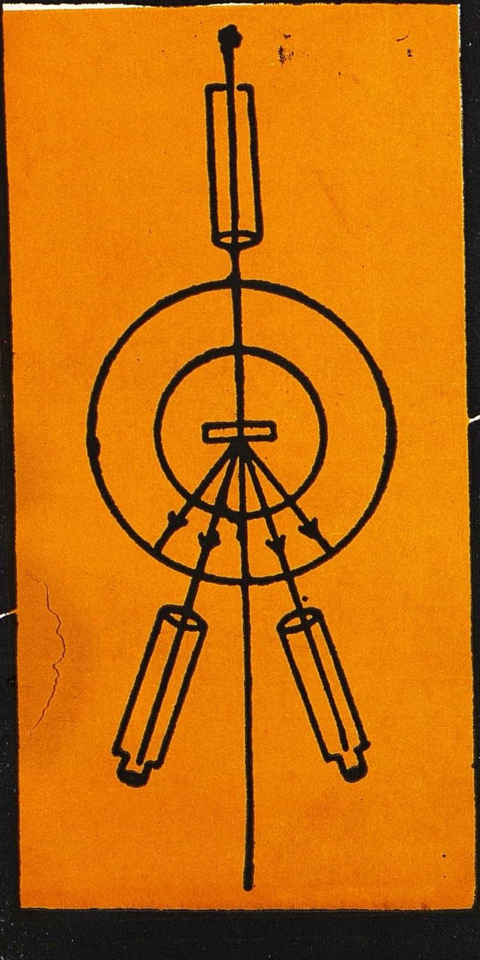
இயற்பியல்

தொகுதி II

மேல் நிலை - இரண்டாம் ஆண்டு



தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

இயற்பியல்

தொகுதி II

மேல் நிலை — இரண்டாம் ஆண்டு

தீண்டாமை ஒரு பாவச்செயல்

தீண்டாமை ஒரு பெருங்குற்றம்

தீண்டாமை மனிதத்தன்மையற்ற செயல்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

சென்னை

© தமிழ்நாட்டு அரசு
திருத்திய பதிப்பு—1980
மறு பதிப்பு—1983

பதிப்பாசிரியர் குழுத்தலைவா
(& மதிப்புரையாளர்):

டாக்டர் பி. திருஞானசம்பந்தம்,
முதல்வர்,
மாநிலக்கல்லூரி,
சென்னை-600 005.

ஆசிரியர்கள்:

திரு. எம். எஸ். கோவிந்தராஜன்,
இயற்பியல் விரிவுரையாளர்,
அண்ணாமலைப் பல்கலைக்
அண்ணாமலை நகர். (கழகம்)

திரு. டி. ஜெயராமன்,
இயற்பியல் பேராசிரியர்,
தியாகராஜர் கல்லூரி, மதுரை.

செல்வி. அம்மு மாத்யூ,
இயற்பியல் பேராசிரியை,
மகளிர் கிறித்தவக் கல்லூரி,
சென்னை-600 006.

திரு. கே. பி. ரத்தினம்,
இயற்பியல் பேராசிரியர்,
அரசு மருத்துவக் கல்லூரி,
கோயம்புத்தூர்.

திரு. வி. சீனிவாசன்,
இயற்பியல் பேராசிரியர்,
அமெரிக்கன் கல்லூரி, மதுரை.

திருமதி. கே. விமலாதேவி,
இயற்பியல் பேராசிரியை,
ராணிமேரி கல்லூரி,
சென்னை-600 004.

திரு. கே. சம்பத்,
ஓய்வுபெற்ற பேராசிரியர்,
36, நாலாவது தெரு,
அபிராமபுரம்,
சென்னை-600 028.

திரு. ரா. நாகராஜன்,
இயற்பியல் உதவிப் பேராசியர்,
அரசு கலைக் கல்லூரி,
உதகமண்டலம்.

மொழிபெயர்ப்பாளர்கள்:

திரு. ரா. நாகராஜன்,
இயற்பியல் உதவிப் பேராசியர்
அரசு கலைக் கல்லூரி,
உதகமண்டலம்.

திரு. கே. பி. ரத்தினம்,
இயற்பியல் பேராசிரியர்,
அரசு மருத்துவக் கல்லூரி,
கோயம்புத்தூர்.

மதிப்புரையாளர்கள்:

திருமதி. இனாயத்துன்னிசா முனவர்,
முதல்வர்,
ராணி மேரி கல்லூரி,
சென்னை-600 004.

டாக்டர். எஸ். ஸ்ரீராமன்,
ஓய்வுபெற்ற பேராசிரியர்,
கீழ்ச்சாலை,
அம்மன் கோயில் அஞ்சல்.

டாக்டர். கே. இராமசாமி,
இயற்பியல் பேராசிரியர்,
அண்ணாமலைக் பல்கலைக்
அண்ணாமலை நகர். (கழகம்)

விலை ரூ. 3-20

இந்திய அரசு சலுகை விலையில் வழங்கிய 60 ஜி.எஸ்.எம். தாளில் இந்நூல் அச்சிடப்பட்டுள்ளது.

அச்சிட்டோர்:

ஜனசக்தி அச்சகம், 161, பிரகாசம் சாலை, சென்னை-600 108.

பொருளடக்கம்

பக்கம்

5. அணு இயற்பியல்

5.1. அணு ... 265

5.2. எலக்ட்ரான் ... 277

5.3. அணுமாற்றம் அல்லது அணுத்திரிபு ... 284

5.4. நியூட்ரான் ... 291

5.5. காஸ்மிக் கதிர்களும் அடிப்படைத் துகள்களும் ... 299

6. எலக்ட்ரானியல்

6.1. வெற்றிடக் குழாய்களும் டிரான்சிஸ்டர்களும் ... 307

6.2. பெருக்கிகள் ... 326

6.3. பின்னூட்டத் தத்துவம்: அலையியற்றிகள் ... 342

6.4. அலைப் பண்பேற்றம் ... 349

6.5. எலக்ட்ரானியல் அளக்கும் கருவிகள் ... 355

6.6. தனிவகைச் சாதனங்கள் ... 361

6.7. சைகைகளைப் பரப்புதலும் ஏற்றலும் ... 366

6.8. தொலைக் காட்சி ... 372

7. பயன்வகை இயற்பியல்

7.1 பொறியியல் ... 380

7.2. விவசாயமும் மருத்துவமும் ... 398

7.3. உயிரியல் ... 404

7.4. மண்ணியல் ... 414

7.5. குற்றஞ்சார்ந்த அறிவியல் ... 422

8. புதிய இயற்பியல்

8.1. ராக்கெட்டுகள் ... 432

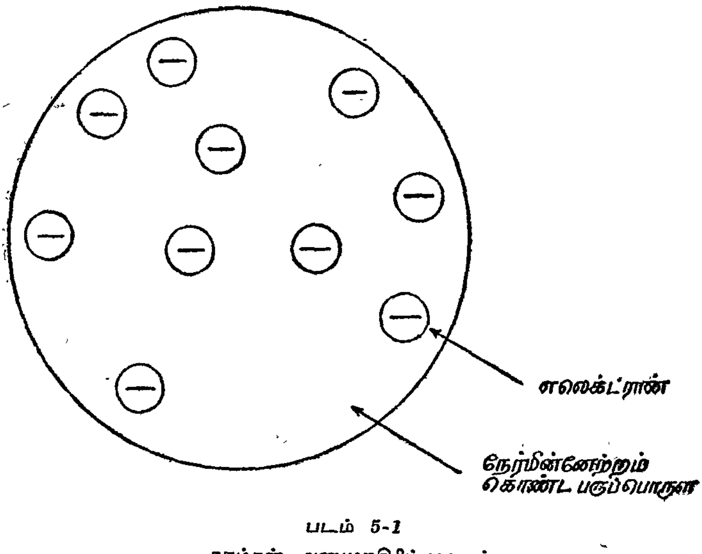
8.2. துணைக்கோள்கள் ... 446

5. அணு இயற்பியல்

5.1. அணு

5.1.1. அணுமாதிரிப் படிவம் பற்றிய ஆரம்பக் கருத்துகள்

வேதியியல் தனிமங்கள் அணுக்களாலானவை என்ற கருத்து பத்தொன்பதாம் நூற்றாண்டிலேயே வேதியியல் அறிஞர்களிடையே நிலவியது. 1815-ல் பிரௌட் (Prout) என்ற அறிஞர் எல்லாத் தனிமங்களுமே ஹைட்ரஜன் அணுக்களால் ஆனவை என்ற கருத்தைத் தெரிவித்தார். எனினும், சில தனிமங்களின் அணு எடைகள் ஹைட்ரஜனின் அணு எடையைப்போல்



படம் 5-1
தாம்சன் அணுமாதிரிப் படிவம்

முழுமடங்குகளாக இல்லாததால் பிரௌட் கொள்கை எடுபடவில்லை. 1897-ல் J. J. தாம்சன் எலக்ட்ரானைக் கண்டுபிடித்தார். மேலும் நேர்மின்கதிர்களில் பல ஆராய்ச்சிகள் நடத்தினார். இச் சோதனைகளுக்குப் பிறகு, அணுவின் கட்டமைப்பை ஆராய்வதில் அறிவியலார் ஊக்கம் காட்டினர்.

ஓர் அணு என்பது சமச்சீருடைய பருப்பொருட்கோள மாகும். நேர்மின்னூட்டம் பெற்ற இக்கோளத்தினுள் எலக்ட்ரான் கள் பொதிந்துள்ளன என்ற கருத்தைத் தாம்சன் எடுத்துரைத் தார். எலக்ட்ரான்களின் அமைதிநிலை குலைவுற்றால் அவை அலைவுறுகின்றன; இதனால் ஆற்றல் கதிர் வீசப்படும்; இதன் காரணமாகத் தனிமத்திற்குரிய நிறமாலை (spectrum)யும் கிடைக் கும் என்பது தாம்சனின் வாதம். இருந்தபோதிலும் ஒரு தனிமம் தருகின்ற நிறமாலை வரிகள் எல்லாவற்றையும் தாம்சனின் வாதம் விளக்க இயலவில்லை. ஏனெனில் ஹைட்ரஜனில் உள்ள ஒரேயோர் எலக்ட்ரான், ஒரேயொரு வரியைத்தான் உண்டாக்க இயலும்; ஆனால் ஹைட்ரஜன் நிறமாலையில், கட்புலனாகும் பகுதியில் மட்டும், நான்கு வரிகள் காணப்படுகின்றன.

5.1.2. ருதர்ஃபோர்டு அணு மாதிரிப் படிவம்

ருதர்ஃபோர்டின் ஆலோசனைப்படி, கைகர் மார்ஸ்டன் ஆகிய இருவரும் 1911-ல் முக்கியமான சோதனை ஒன்றைச் செய்தனர். இச்சோதனை ஆல்ஃபாக் கதிர் சிதறல் சோதனை எனப்பட்டது. இச்சோதனையில், கதிரியக்கத் தனிமங்களி லிருந்து பெறப்பட்ட விரைவு ஆல்ஃபாத்துகள்களை பருப்பொருள் சிதற்றுவதை ஆராய்ந்தனர். கதிரியக்கமுடைய ரேடியத்தால் வீசப்பட்ட ஆல்ஃபாத்துகள்கள் சோதனைக்குட்பட்டன. ஆல்ஃ பாத்துகள்கள் அதிகமான எடையும் நேர்மின்னூட்டமும் உடை யன; இவற்றை மெல்லிய உலோகத்தாள்கள் பெருங்கோணங் களில் சிதற்றுவது தெரியவந்தது. ஒருசில ஆல்ஃபாத்துகள்கள் தாங்கள் வந்த பாதையிலேயே திரும்பிச் செல்லுமளவுக்குச் சித றின. எனவே, 'ஓர் அணுவின் நேர்மின்னூட்டமும் நிறையும் மீச்சிறிய பகுதியில் (குறுக்களவு 10^{-14} மீட்டர்) செறிந்திருக்க வேண்டும்: இப்படி மீச்செறிவு இருந்தாலே ஆல்ஃபாத்துகள்களை பெருங்கோணங்களில் சிதற்ற' இயலும் என்று ருதர்ஃபோர்டு முடிவு செய்தார். இச்சிறிய பகுதியே **அணுக்கரு** எனப் பெயரிடப்பட்டது.

ருதர்ஃபோர்டின் முடிவுகளுக்கேற்ப, அணு மாதிரிப் படிவத் தில் அணுக்கருவும் அதற்கு வெளியே எலக்ட்ரான்களும் உள்ளன என்று கருதப்பட்டது. ஆனால் அணுவின் நிலைப்பாடு என்னா வது? பருப்பொருள் ஈர்ப்புப்புலத்தில் (gravitational field) சூரியனைக் கோள்கள் வட்டப்பாதைகளில் சுற்றிவருகின்றன அல்லவா? அதுபோல அணுக்கருவின் நிலைமின்னியல் புலத்தில், எலக்ட்ரான்கள், அணுக்கருவைச் சுற்றி வட்டப்பாதைகளில் இயங்கினால் ஈர்ப்புவிசையும், மையவிலக்கு விசையும், சமனப்

பட்டுவிடும். எனினும், இக்கருத்துகளில் இரண்டு குறைகள் உண்டு. வட்டப்பாதையில் இயங்கும் எலக்ட்ரானுக்கு முடுக்கம் உண்டு; முடுக்கம்பெற்ற எலக்ட்ரான் ஆற்றலைக் கதிர்வீசவேண்டும் என்பது-மின்காந்தக் கொள்கையின் முடிவு. எனவே எலக்ட்ரானின் மொத்த ஆற்றல் குறைந்துகொண்டேவரும்; ஆற்றல் குறையக் குறைய வட்டப்பாதையின் ஆரமும் சுருங்கும். ஆகவே எலக்ட்ரான் வட்டச்சுருள் (spiral) பாதையில் இயங்கி இறுதியில் அணுக்கருவுடன் ஒன்றிவிடும். மேலும், எலக்ட்ரானால் கதிர்வீசப்படும் ஆற்றலின் அதிர்வெண் எலக்ட்ரானின் சுழற்சி அதிர்வெண்ணுக்குச் சமமாகும். ஆகவே எலக்ட்ரான் அணுக்கருவை நெருங்கநெருங்க அதிர்வெண் உயரும். ஆதலால் அந்த அணு ஒரு தொடர்நிறமாலையைத் தரவேண்டும். ஆனால் வரிநிறமாலைகளையே அணுக்கள் தருகின்றன என்பது சோதனைகளின் முடிவு. இந்தச் சூழ்நிலையில்தான் அணுக்கட்டமைப்பையும் அதன் நிறமாலை வரிகளையும் ஒரு புதிய அணுகுமுறையில் நீல்ஸ் போர் (Niels Bohr) விளக்கினார்.

5.1.3. போர் அணுமாதிரிப் படிவம்

ருதர்ஃபோர்டு சொன்ன கருத்துகளில் தென்பட்ட இடர்களை நீக்க நீல்ஸ் போர் இரண்டு எடுகோள்களைச் சொன்னார்.

'ஒரு பாதையில் சுற்றிவரும் எலக்ட்ரானின் கோண உந்தமானது $\frac{h}{2\pi}$-ன் முழு எண் மடங்குகளாக இருப்பின் அப்பாதையில் சுழலும் எலக்ட்ரான்கள் கதிர்வீசா என்ற நியதிக்கேற்ப கதிர் வீசாத பாதைகள்' என்பவை அமைகின்றன. கதிர்வீசாத பாதைகளில் இயங்கும் எலக்ட்ரான்கள் கதிர் வீசாததால், நிலைப்பாடுடன் சுழலலாம் என்பது முதல் எடுகோள். (மேற்சொல்லப்பட்ட $\frac{h}{2\pi}$-ல் 'h' என்பது பிளாங்க் மாறிலி $= 6\cdot62\times10^{-34}\ J\ s$.]

'அதிக ஆற்றல் பொருந்திய கதிர்வீசாத பாதைகளிலிருந்து குறைவான ஆற்றல் பொருந்திய கதிர் வீசாத பாதைக்கு எலக்ட்ரான் தாவலாம்; அப்படித் தாவும்பொழுது அதன் தொடக்க ஆற்றலுக்கும் இறுதி ஆற்றலுக்கும் உள்ள வேறுபாடு கதிர்வீசப்படும்'. தொடக்க ஆற்றல் E_1, இறுதி ஆற்றல் E_2, எனில், கதிர்வீச்சின் அதிர்வெண் ν என்பதை,

$$h\nu = E_1 - E_2 \quad (1)$$

என்ற சமன்பாடு தரும். இதுவே இரண்டாவது எடுகோள்.

5.1.4. ஹைட்ரஜன் நிறமாலையும், நிறமாலை வரிசைகளும்

நீல்ஸ் போர் சொன்ன கொள்கையானது ஹைட்ரஜனின் நிறமாலை வரிகளை விளக்குவதில் பெரும் வெற்றிபெற்றது. தனிமங்கள் எல்லாவற்றிலும் மிக இலேசானது ஹைட்ரஜன். ஹைட்ரஜன் அணுவில், அணுக்கருவைச் சுற்றி ஓர் எலக்ட்ரான் உள்ளது. எலக்ட்ரான்மீது அணுக்கருவின் நிலைமின்னியல் ஈர்ப்பு விசை செயல்படுகிறது. இதுவே வட்ட இயக்கத்திற்குத் தேவையான மையநோக்கு விசையாகும்.

எலக்ட்ரானின் எதிர்மின்னூட்டத்தை e என்க. அணுவானது மின்நடுநிலையுடையதாதலால் அணுக்கருமீதுள்ள நேர்மின்னூட்டமும் e ஆகும். மேலும் எலக்ட்ரானின் நிறை m; அதன் வட்டப்பாதையின் ஆரம் r என்க. இவற்றுடன், வட்டப்பாதையில் எலக்ட்ரானின் கோணத்திசைவேகம் ω; அதன் நேர்போக்கு திசைவேகம் v; மற்றும் வெளி (space)யின் விடுதிறன் ϵ_0 என்றும் கொள்வோமானால்,

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{mv^2}{r} = mr\omega^2 \qquad (2)$$

என்றெழுதலாம். வட்டப்பாதையில் எலக்ட்ரானின் கோண உந்தம் $mr^2\omega$ ஆகும். n-வது வட்டப் பாதையில் சுழலும் எலக்ட்ரானின் கோண உந்தம் $\frac{h}{2\pi}$-ன் 'n' மடங்குகளாக வேண்டும் என்பது முதல் எடுகோள். ஆகையால்,

$$mr^2\omega = \frac{nh}{2\pi} \qquad (n \text{ ஒரு முழு எண்}) \qquad (3)$$

சமன்பாடு (3) லிருந்து 'ω' மதிப்பை சமன்பாடு (2)-ல் இட்டுச் சுருக்குவோமானால், n-வது வட்டப்பாதையின் ஆரம்,

$$r_n = \frac{n^2 h^2 \epsilon_0}{\pi m e^2} \qquad (4)$$

முதல் வட்டப் பாதைக்கு $n = 1$; ஆகையால்,

$$r_1 = \frac{(6{\cdot}62\times10^{-34})^2\,(8{\cdot}85\times10^{-12})}{3{\cdot}14\,(9{\cdot}11\times10^{-31})\,(1{\cdot}60\times10^{-19})^2}$$
$$= 5.3\times10^{-11} m$$

பல்வேறு வட்டப் பாதைகளின் ஆரங்கள் $r_n = n^2 r_1$ என அமைவது கவனத்திற்குரியது. அதாவது $r_2 = 4r_1$, $r_3 = 9r_1$ இன்ன பிறவாம். எனவே வட்டப்பதைகளின் ஆரங்கள் இயல் எண்களின் வர்க்கத்திற்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளன. அணுக்கருவின் குறுக்களவு,

சுமார் 10^{-14}மீ என்ற அளவில் உள்ளதை நினைவு கூர்ந்தால், அணுவின் மையத்தில் கரு மிகச்சிறிய பகுதியையே நிரப்புகிறது என அறியலாம். வட்டப்பாதையில் எலக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றல்

$$E_K = \frac{1}{2} m\omega^2 r^2$$

சமன்பாடுகள் (2) மற்றும் (4) லிருந்து

$$E_K = \frac{me^4}{8 \epsilon_0^2 n^2 h^2}$$

எனப் பெறப்படுகிறது. வட்டப்பாதையில் எலக்ட்ரானின் நிலையாற்றல்

$$E_P = \frac{-e^2}{4\pi \epsilon_0 r}$$

சமன்பாடு (3)-லிருந்து 'r' மதிப்பை இட,

$$E_P = -\frac{me^4}{4 \epsilon_0^2 n^2 h^2}$$

ஆகும். ஆகவே எலக்ட்ரானின் மொத்த ஆற்றல்

$$E = E_p + E_K = -\frac{me^4}{8 \epsilon_0^2 n^2 h^2} \; J$$

$$E = \frac{-(9 \cdot 11 \times 10^{-31})(1 \cdot 60 \times 10^{-19})^4}{8(8 \cdot 85 \times 10^{-12})^2 (6 \cdot 62 \times 10^{-34})^2 n^2} \; J$$

$$E = \frac{-2 \cdot 18 \times 10^{-18}}{n^2} \; J$$

$1 \; eV = 0 \cdot 1603 \times 10^{-18} \; J$ ஆதலால்,

$$E = \frac{-13 \cdot 6}{n^2} \; eV \qquad (5)$$

எலக்ட்ரானின் ஆற்றல் எதிர் இனமாக (negative) இருப்பதைக் கவனிக்க. எனவே, n மதிப்பு உயரும்பொழுது, வட்டப்பாதையில் எலக்ட்ரானின் ஆற்றல் உயர்கிறது. சமன்பாடு (5) ஐக் கவனிக்க. முதல் வட்டப்பாதை ($n=1$)யில் உள்ள எலக்ட்ரானை அணுவிலிருந்தே வெளியேற்ற ($n = \infty$), அதாவது அணுவை அயனியாக்குவதற்குத் தேவையான ஆற்றல் $13 \cdot 6 \; eV$ (எலக்ட்ரான் வோல்ட்) ஆகும். இதனை அணுவின் அயனியாக்க ஆற்றல் என்பர். வட்டப்பாதை n_1-லிருந்து வட்டப்பாதை n_2-க்கு ஓர் எலக்ட்ரான் தாவும் பொழுது கதிர்வீசப்படும் ஆற்றலின் அதிர்வெண், போரின் இரண்டாவது எடுகோள்படி, பின்கண்டவாறு பெறப்படுகிறது:

$$h\nu = \frac{-me^4}{8\in_0{}^2h^2}\left(\frac{1}{n_1{}^2}-\frac{1}{n_2{}^2}\right)$$

$$= \frac{me^4}{8\in_0{}^2h^2}\left(\frac{1}{n_2{}^2}-\frac{1}{n_1{}^2}\right)$$

$$\therefore \nu = \frac{me^4}{8\in_0h^3}\left(\frac{1}{n_2{}^2}-\frac{1}{n_1{}^2}\right)$$

அதிர்வெண் என்பதைவிட அலை எண் (wave number) என்பது விவாதங்களில் அதிக பயன்தரும். ஓரலகு நீளத்தில் வரிசையாக அடங்கும் அலைகளின் எண்ணிக்கை 'அலை எண்' ஆகும். எனவே, அலை எண்

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = \frac{me^4}{8\in_0{}^2ch^3}\left(\frac{1}{n_2{}^2}-\frac{1}{n_1{}^2}\right) \qquad (6)$$

இங்கு, $R = \frac{me^4}{8\in_0{}^2ch^3}$ என்பதை ரிட்பெர்க் மாறிலி (Rydberg Constant) என்பர்.

$$R = \frac{(9{\cdot}11 \times 10^{-31})\,(1{\cdot}60 \times 10^{-19})^4}{8\,(8{\cdot}85 \times 10^{-12})^2\,(3 \times 10^8)\,(6{\cdot}62 \times 10^{-34})^3}$$

$$= 10{\cdot}94 \times 10^6\ m^{-1}$$

மேற்சொன்ன கொள்கை விளக்கத்தை போர் (Bohr) வெளியிடு முன்னரே அறிவியலார் பலர் பல அணுக்களின் நிறமாலை வரிகளுக்குக்கான அலைநீளங்களை அளந்து நிர்ணயித்திருந்தனர். ஹைட்ரஜனின் கட்புலனாகும் நிறமாலையில் உள்ள வரிகளின் அலை எண்களை,

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{n^2}\right); \qquad n = 3,\ 4,\ 5$$

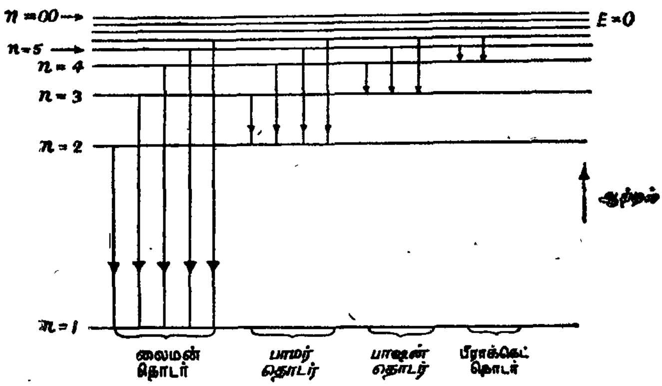
என்ற எளிய வாய்பாட்டினால் பெறலாம் என்பதை 1885-ல் பாமர் (Balmer) கண்டறிந்தார். இந்த நிறமாலை வரிகளின் வரிசை பாமர் வரிசை எனப் பெயர் சூட்டப்பட்டது. 1906-ல் லைமன் (Lyman) என்பார் ஹைட்ரஜனுக்கு புறஊதாப் பகுதியிலும் நிறமாலைவரிகள் உள்ளன எனக் கண்டறிந்தார். இவை லைமன் வரிசை எனப்பட்டன. இந்த வரிகளின் அலை எண்களை,

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{n^2}\right); \qquad n = 2,\ 3,\ 4$$

என்ற வாய்பாட்டினால் பெறலாம். மூன்றாவதாக அகச்சிவப்புப் பகுதியில் வரிசையாக நிறமாலை வரிகள் பாஷன் (Paschen) என்பவரால் 1908-ல் கண்டுபிடிக்கப்பட்டு பாஷன் வரிசை எனப்

பெயரிடப்பட்டது. ஹைட்ரஜனின் பாஷன் வரிசைக்கான வாய்பாடு.

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right); \qquad n = 4,\ 5,\ 6$$



படம் 5-2

ஹைட்ரஜன் நிறமாலை வரிசைகள்

இந்தப் பின்னணியில் சமன்பாடு (6)ஐக் கவனிக்க. $n = 2,\ 3,\ 4$.. என்ற உயர் வட்டப்பாதைகளிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் முதல் வட்டப்பாதைக்குத் $(n=1)$ தாவும்பொழுது லைமன் வரிசை பெறப்படுவது விளங்கும். இதுபோலவே, $n=3,\ 4,\ 5$ ... என்ற உயர்வட்டப் பாதைகளிலிருந்து எலக்ட்ரான்கள் இரண்டாவது வட்டப்பாதைக்குத் $(n = 2)$ தாவும் பொழுது பாமர் வரிசை நிறமாலை பெறப்படுவது தெரிகிறது. கட்புலனாகும் பகுதியில் பெறப்படும் வரிகளில் பெரும அலைநீளம் உடைய வரியானது மூன்றாவது வட்டப்பாதையிலிருந்து இரண்டாவதற்கு ஏற்படும் பெயர்ச்சியின் விளைவு ஆகும். சிவப்புப் பகுதியில் காணப்படும் இந்தவரி $H\alpha$ எனப் பெயருடையது. $H\beta$ என்றழைக்கப்படும் வரி நான்காவதிலிருந்து இரண்டாவது வட்டப்பாதைக்கு ஏற்படும் பெயர்ச்சியால் கிடைப்பது ஆகும். $H\beta$ வரி நீலப்பகுதியில் உள்ளது.

போர் (Bohr) கொள்கையின்படி நிறமாலைகளில் பல வரிகளையும் பல வரிசைகளையும் முன்னுரைக்க இயன்றது; அப்படிப் பட்ட பல வரிகளும் வரிசைகளும் பின்னர் சோதனைகளில் கண்டறியப்பட்டன. 'ஹைட்ரஜன் நிறமாலையில் அகச் சிவப்புப் பகுதியில் ஒரு நிறமாலை வரிசை பெறலாம்; இந்த வரிசையில் வரிகளின் அலை எண்கள், போர் கொள்கையில் $n= 5,\ 6$...

என்ற உயர் வட்டப் பாதைகளிலிருந்து $n = 4$ என்ற வட்டப் பாதைக்கு ஏற்படும் பெயர்ச்சிக்கு ஏற்ப அமையும்' எனச் சொல் லப்பட்டது. 1922-ல் இந்த வரிசை கண்டு பிடிக்கப்பட்டு பிராக்கெட் வரிசை எனப் பெயரிடப்பட்டது. $n=6, 7 \ldots$ என்பதிலிருந்து $n=5$-க்கு மாறுவதால் ஏற்படும் ஃபண்ட் (Fund) வரிசை 1924-ல் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது.

ஹீலியம் அணுவிலிருந்து ஒரேயோர் எலக்ட்ரான் நீங்கி விட்டால், அவ்வணு ஹைட்ரஜன் அணுவைப் போலவே நடந்து கொள்ளும். அவ்வாறே லிதியம் அணுவிலிருந்து இரண்டு எலக்ட் ரான்கள் நீங்கிவிட்டால் அதுவும் ஹைட்ரஜன் அணுவைப் போலவே நடந்துகொள்ளும். இவ்வாறு ஹைட்ரஜன் போன்ற அணுக்களின் (அதாவது, சுற்று வட்டப் பாதையில் ஒரேயோர் எலக்ட்ரான் மட்டும் உடையன) நிறமாலைகளில் என்னென்ன அலை நீளங்கள் கிடைக்கும் என்று போர் (Bohr) கொள்கை முன்னுரைத்து வெற்றி கண்டது.

5.1.5. எலக்ட்ரான் நிலை அமைப்பும் தனிமங்களின் அட்டவணையும்

ஓர் எண்ணிக்கையைவிட அதிகமான எலக்ட்ரான்களை உடைய அணுக்களைப் பற்றிய ஆய்வுகள் சிக்கலானவை. ஏனெ னில் ஒவ்வோர் எலக்ட்ரானும் நேர்மின்னூட்டமுடைய அணுக் கருவுடன் மட்டுமல்லாமல் மற்ற எலக்ட்ரான்களுடனும் வினை புரிகின்றது. 1925-ல் உல்ஃப்காங் பௌலி (Wolfgang Pauli) என்பார் அணுவிலுள்ள எலக்ட்ரான்களுக்கான ஒரு நியதியைச் சொன்னார். இது பௌலியின் தவிர்க்கைத் தத்துவம் (Pauli's exclusion principle) எனப்படும். இதன் வாயிலாக அணு வில் உள்ள எலக்ட்ரான்களின் நிலை அமைப்பையும் (electron configuration of elements) தனிமங்களின் அட்டவணை யையும் புரிந்து கொள்ள இயலும். குவான்டம் கொள்கை (quantum theory)யின்படி, ஓர் அணுவில் உள்ள ஒவ்வோர் எலக்ட்ரானுக்கும் குறிப்பிட்ட எண்கள் (இவை குவான்டம், எண்கள்) ஒதுக்கப்படுகின்றன. இந்த எண்கள் எலக்ட்ரானின் நிலைமையை வரையறுப்பவையாகும். பௌலியின் தத்துவமா வது ஒரே நிலைமையில் இரண்டு எலக்ட்ரான்கள் ஓர் அணுவில் இருக்க இயலாது என்பதாம். அதாவது, ஓர் அணுவிலுள்ள ஏதாவது இரண்டு எலக்ட்ரான்களை வரையறுக்கும் குவான்டம் எண்கள் அனைத்தும் ஒன்றுக்கொன்று சமமாக இயலாது. இந்த குவான்டம் எண்களில் முதலாவதாகச் சொல்லப்படுவது எலக்ட்ரா னின் வட்டப் பாதையைக் குறிக்கும் எண் (n) ஆகும். இதனை முதன்மைக் குவான்டம் எண் (principal quantum number)

என்பர். வட்டப் பாதையை கூடு (shell) என்றும் கூறுவர். $n = 1, 2, 3, 4$ ... என்ற குவான்டம் எண்களுக்கான கூடுகளை முறையே K, L, M, N கூடுகள் என்பர். இரண்டாவதாகச் சொல்லப்படும் கோணஉந்த குவான்டம் எண் 'l' ஆகும்; இது எலக்ட்ரானின் கோண உந்தத்தை நிர்ணயிப்பதாகும். எலக்ட்ரானின் கோண உந்தமானது L-ஐ, $L = \sqrt{l(l+1)}\,\frac{h}{2\pi}$ என்ற சமன்பாடு கொடுக்கும். குறிப்பிட்ட 'n' மதிப்பிற்கு, l ஆனது $0, 1, 2, 3 \ldots (n-1)$ என்ற மதிப்புகளை ஏற்கலாம். $l = 0, 1, 2, 3, 4 \ldots$ என்ற நிலைமைகளை முறையே s-நிலைமை, p-நிலைமை, d-நிலைமை, f-நிலைமை, g-நிலைமை ... என்று கூறுவர். குறிப்பிட்ட திசையில் (இது சாதாரணமாக z-அச்சு ஆகும்) கோண உந்தத்தின் கூறு, மூன்றாவது குவான்டம் எண்ணான m-ஐ வரையறுக்கும். அதாவது,

$$L_z = m\,\frac{h}{2\pi}$$

என்பதிலிருந்து m பெறப்படுகிறது. குவான்டம் கொள்கையானது 'm' ஏற்கக்கூடிய மதிப்புகளுக்கு நியதியும் கூறுகிறது. 'm' ஆனது $-l$ முதல் $+l$ வரையிலான முழு எண் மதிப்புகளை ஏற்கலாம், அதாவது

$$m = -l,\ -(l-1),\ -(l-2) \ldots -1,\ 0,\ +1,\ \ldots +(l-1),\ +l$$

ஆகலாம்.

நான்காவது குவான்டம் எண் (s) தற்சுழற்சி குவாண்டம் எண் (spin quantum number) எனப்படும். 's'-ன் மதிப்பு $+(\frac{1}{2})$ அல்லது $-(\frac{1}{2})$ ஆகும். எலக்ட்ரானின் தற்சுழற்சியால் ஏற்படும் கோண உந்தம் ஒரு குறித்த திசையில் உள்ளதா அல்லது அதற்கு எதிர்த் திசையில் உள்ளதா (மேல் நோக்கியுள்ளதா? கீழ் நோக்கியுள்ளதா?) என்பதை 's' குறிக்கிறது.

K-கூட்டினை (K-shell)க் கவனிப்போம். இதற்கு முதன்மைக் குவான்டம் எண் $n = 1$. எனவே $l = 0$, $m = 0$, $s = \pm\frac{1}{2}$. பௌலி தத்துவத்திற்கு முரண்பாடில்லாமல் $(1, 0, 0, +\frac{1}{2})$ மற்றும் $(1, 0, 0, -\frac{1}{2})$ என்ற இரண்டு (n, l, m, s) தொகுப்புகளைப் பெறலாம். எனவே K-கூட்டில் இரண்டே இரண்டு எலக்ட்ரான்கள்தான் அமைய இயலும். L-கூட்டில் பெருமமாக 8 எலக்ட்ரான்களும், M-கூட்டில் பெருமமாக 18 எலக்ட்ரான்களும் அமைய இயலும். இந்த எலக்ட்ரான்களுக்கான பின்வரும் விவரங்கள் அட்டவணையில் காணப்படுகின்றன:

கூடு	உட்கூடு	n	l	m	s	எலக்ட்ரான்களின் பெரும எண்ணிக்கை உட்கூட்டில்	கூட்டில்
K	1s	1	0	0	$+(\frac{1}{2})$		
		1	0	0	$-(\frac{1}{2})$	2	2
L	2s	2	0	0	$+(\frac{1}{2})$		
		2	0	0	$-(\frac{1}{2})$	2	
	2p	2	1	-1	$+(\frac{1}{2})$		
		2	1	-1	$-(\frac{1}{2})$		
		2	1	0	$+(\frac{1}{2})$		
		2	1	0	$-(\frac{1}{2})$		
		2	1	$+1$	$+(\frac{1}{2})$		
		2	1	$+1$	$-(\frac{1}{2})$	6	8
M	3s	3	0	0	$+(\frac{1}{2})$		
		3	0	0	$-(\frac{1}{2})$	2	
	3p	3	1	-1	$\pm(\frac{1}{2})$		
		3	1	0	$\pm(\frac{1}{2})$		
		3	1	$+1$	$\pm(\frac{1}{2})$	6	
	3d	3	2	-2	$\pm(\frac{1}{2})$		
		3	2	-1	$\pm(\frac{1}{2})$		
		3	2	0	$\pm(\frac{1}{2})$		
		3	2	$+1$	$\pm(\frac{1}{2})$		
		3	2	$+2$	$\pm(\frac{1}{2})$	10	18

ஓர் அணுவின் வெவ்வேறு கூடுகளில் எலக்ட்ரான்கள் இவ்வாறு அமைவது தனிமங்களின் அட்டவணையை விளக்குகிறது. தனிமங்களின் வேதியியல் பண்புகளில் காணப்படும் ஒற்றுமைகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு மெண்டலீஃப் தனிமங்களின் அட்டவணையை 1869-ல் வகுத்தார். பௌலியின் தவிர்க்கைத் தத்துவத்திற்கு முரண்பாடில்லாமல் ஒரு கூட்டில் அல்லது உட்கூட்டில் எத்தனை எலக்ட்ரான்கள் அமைய இயலும் என்பது மேலே அட்டவணையில் காணப்படுகிறது. தனிமங்களின் அட்டவணையில், அணு எண்ணானது (அதாவது அணுவிலுள்ள புரோட்டான்களின் எண்ணிக்கை) ஹைட்ரஜனில் தொடங்கி ஒவ்வொன்றாக உயர்ந்து கொண்டே செல்கிறது. எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையும் அதேபோல ஒவ்வொன்றாக உயர்கிறது. *K*-கூடு இரண்டு எலக்ட்ரான்களைத்தான் ஏற்க இயலும் என்பதைக் கண்டோம். ஆக, தனிம அட்டவணையில் முதல் தொடரானது அணுவின் *K*-கூடு நிரம்புவதைக் குறிக்கும். இதுபோலவே *L*-கூடு படிப்படியாக நிரம்புவதையே தனிம அட்டவணையின் இரண்டாவது தொடர் காட்டுகிறது. மூன்றாவது தொடரில் *M*-கூடானது படிப்படியாக நிரம்பிவருகிறது; எனினும் அது முழுமையாக நிரம்பவில்லை; அதனில் *s* மற்றும் *p* உட்கூடுகள்தான் நிரம்பியுள்ளன. நான்காவது தொடரைக் கவனிக்க. *M*-கூடு முழுமையாக நிரம்பியபின், அடுத்த *N*-கூட்டில் *s* மற்றும் *p* என்ற உட்கூடுகள் நிரம்புகின்றன. ஹீலியம் நீங்கலாக, மந்தவாயுக்கள் ஒவ்வொன்றிலும் மிகப்புறமான (outermost) கூட்டில் எட்டு எலக்ட்ரான்கள் நிரம்பியிருப்பது கவனிக்கத்தக்கது. புறக்கூட்டில் எட்டு எலக்ட்ரான்கள் நிரம்பியுள்ள அமைப்பு மிகுந்த நிலைப்பாடு உடையதெனத் தெரிகிறது.

எலக்ட்ரானியக் கூடுகளில் எத்தனை எலக்ட்ரான்கள் உள்ளன என்பதற்கான குறியீட்டு முறைகள் பின்வருமாறு: '*K*'-கூட்டின் *s* உட்கூட்டில் ஓர் எலக்ட்ரான் உள்ளது என்பதை $1s^1$ என்றும், அதே உட்கூட்டில் இரண்டு எலக்ட்ரான்கள் இருப்பின் $1s^2$ என்றும் குறிக்கப்படும். இதுபோல *L*-கூட்டின் *s* உட்கூட்டில் ஓர் எலக்ட்ரான் இருப்பதை $2s^1$ என்றும், அதே உட்கூட்டில் இரண்டு எலக்ட்ரான்களை $2s^2$ என்றும் குறிக்கப்படும். *L* கூட்டின், *p* உட்கூட்டில் உள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை ஒன்று, இரண்டு அல்லது மூன்று... என்பதை முறையே $2p^1$, $2p^2$, $2p^3$.. என்று எழுதப்படும். தனிமங்களின் அட்டவணையில் முதல் பதினெட்டு தனிமங்களில் உள்ள எலக்ட்ரானிய நிலை அமைப்பைப் பின்கண்ட அட்டவணை காட்டுகிறது:

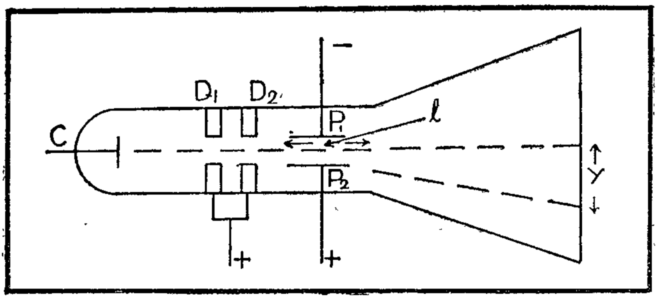
இடு குறி	தனிமம்	அணு எண்	எலக்ட்ரானிய நிலை அமைப்பு
H	ஹைட்ரஜன்	1	$1s^1$
He	ஹீலியம்	2	$1s^2$ K—கூடு நிரம்பியது.
Li	லிதியம்	3	$1s^2$, $2s^1$
Be	பெரில்லியம்	4	$1s^2$, $2s^2$
B	போரான்	5	$1s^2$, $2s^2$, $2p^1$
C	கார்பன்	6	$1s^2$, $2s^2$, $2p^2$
N	நைட்ரஜன்	7	$1s^2$, $2s^2$, $2p^3$
O	ஆக்சிஜன்	8	$1s^2$, $2s^2$, $2p^4$
F	ஃப்ளுரின்	9	$1s^2$, $2s^2$, $2p^5$
Ne	நியான்	10	$1s^2$, $2s^2$, $2p^6$ L-கூடு நிரம்பியது
Na	சோடியம்	11	$1s^2$, $2s^2$, $2p^6$, $3s^1$
Mg	மக்னீஷியம்	12	$1s^2$, $2s^2$, $2p^6$, $3s^2$
Al	அலுமினியம்	13	$1s^2$, $2s^2$, $2p^6$, $3s^2$, $3p^1$
Si	சிலிகான்	14	$1s^2$, $2s^2$, $2p^6$, $3s^2$, $3p^2$
P	பாஸ்வரம்	15	$1s^2$, $2s^2$, $2p^6$, $3s^2$, $3p^3$
S	கந்தகம்	16	$1s^2$, $2s^2$, $2p^6$, $3s^2$, $3p^4$
Cl	குளோரின்	17	$1s^2$, $2s^2$, $2p^6$, $3s^2$, $3p^5$
Ar	ஆர்கான்	18	$1s^2$, $2s^2$, $2p^6$, $3s^2$, $3p^6$
			M கூட்டின், 's' மற்றும் 'p' உட்கூடுகள் நிரம்பியன.

5.2 எலக்ட்ரான்

5.2.1. தாம்சன் சோதனை

குறை அழுத்தமுடைய வாயுக்களின் வழியே மின்னிறக்கம் நிகழ்வதை ஆராய்ந்தபொழுது கேதோடு கதிர்கள் என்பவை கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. எதிர்மின்னூட்டம் பெற்ற துகள்களின் ஓட்டமே கேதோடு கதிர்கள் என்பதையும், அத்துகள்களுக்கு நிறை உண்டு என்பதையும் சோதனைகள் நிறுவின.

மின்னூட்டம்பெற்ற துகளின் மின்னூட்டத்திற்கும், நிறைக்கும் உள்ள விகிதம் அத்துகளின் **மின்னூட்ட—நிறைத்தகவு** (e/m) எனப்படும். கேதோடு கதிர்த்துகளின் மின்னூட்ட—நிறைத் தகவினை 1897-ல் J.J. தாம்சன் நிர்ணயித்தார். இப்படி நிர்ணயிக்கப்பட்ட $\frac{e}{m}$ மதிப்பு மின்னிறக்கக் குழாயில் பயன்பட்ட வாயுவையோ, மின்வாயின் பண்புகளையோ சாராமல் மாறிலியாகப்பெறப்பட்டது. கேதோடு கதிர்த்துகள்களே எலக்ட்ரான்கள் எனப் பின்னர் அழைக்கப்பட்டன.



படம் 5-3
தாம்சன் சோதனை

தாம்சன் சோதனையில் பயன்பட்ட கருவி, படம் 5-3-ல் காண்பதுபோல அமைந்திருந்தது. மின்னிறக்கக் குழாயின் உள்ளே வெற்றிடமாக்கப்பட்டது. ஆனோடுகள் D_1 மற்றும் D_2-க்கும் கேதோடுக்கும் இடையே மின்னிறக்கம் நிகழ்த்தப்பட்டு கேதோடு கதிர்கள் பெறப்பட்டன. ஆனோடு வட்டுகளில் (D_1, D_2) உள்ள ஊசித்துளைகள் வழியாக கேதோடு கதிர்கள் மெல்லிய கற்றையாக வெளிவருகின்றன. இவை இரண்டு உலோகத்தகடுகளான P_1, P_2 இடையே நுழைந்து, பின்னர் குழாயின் தட்டை முகத்தை அடைகின்றன. இந்த முகத்தின்மீது ஒளிரும்பூச்சு உண்டு.

துகள்கள் முகத்தை அடையும் புள்ளியில் பொலிவான ஒளிர் பொட்டு தோன்றுகிறது. P_1, P_2 இடையே தகுந்த மின்னழுத்த வேறுபாடு செலுத்தப்படுகிறது ; எனவே, துகள்கள் ஒரு மின் புலத்தின் ஆட்சிக்கு உட்படுகின்றன. ஒரு சோடி கம்பிச்சுருள்கள் மின்னிறக்கக் குழாய்க்கு வெளியே அதன் இருமருங்கிலும் வைக்கப் பட்டுள்ளன (படத்தில் இவை காட்டப்படவில்லை). இவற்றைக் கொண்டு, மின்புலத்திற்குக் குத்தான திசையில் ஒரு காந்தத் தூண்டலை தேவையானபொழுது உண்டாக்கிக் கொள்ளலாம்.

உலோகத்தகடுகள் P_1, P_2 இடையே ஒரு மின்புலம் E தோற்று விக்கப்படட்டும். மேல்தகடு P_1-ஐவிடக் கீழ்த்தகடு P_2, நேர் மின் னூட்டம் கொண்டது ஆகட்டும். P_1, P_2 இடையே உள்ள மின்ன ழுத்த வேறுபாட்டினை அவற்றிடையே உள்ள தொலைவால் வகுத்தால் மின்புலம் E-ன் மதிப்பு பெறப்படும், மின்புலம், செலுத்தப்பட்டவுடன் துகள்கள்மீது மாறாதவிசை Ee கீழ்நோக் கிச் செயல்படும். இங்கு 'e' என்பது துகளின் மீதுள்ள மின் னூட்டம், துகளின் நிறை 'm' எனில் அதன் கீழ் நோக்கு முடுக்கம் $= \frac{\text{விசை}}{\text{நிறை}} = \frac{Ee}{m}$. தகடுகளுக்கிடையே உள்ள மின்புலத் தைக் கடப்பதற்குத் துகள் எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம் e என்க. மின்புலம் இல்லையெனில் துகள் செல்லக்கூடிய நேர்கோட்டுப் பாதை கிடைக்கையாக இருக்கும். கீழ்நோக்கிய தொடக்க திசைவேகம் சுழியாகும். ஆகவே தற்பொழுது ஏற்படுகின்ற கீழ் நோக்கிய இடப்பெயர்ச்சி $\frac{1}{2}\left(\frac{Ee}{m}\right) t^2$. துகளின் கிடக்கைத் திசைவேகம் v என்க. அத்துடன் தகட்டின் நீளம் l எனில், $t = \frac{l}{v}$

எனவே கீழ்நோக்கிய குத்துவிலக்கம் $= \frac{1}{2}\left(\frac{Ee}{m}\right) \left(\frac{l}{v}\right)^2$ ஆகும். தற்பொழுது துகள்கள் தட்டைமுகத்தின்மீது விழுகின்ற புள்ளி, மின்புலம் இல்லாதபொழுது அவை விழக்கூடிய புள்ளிக்கும் கீழே 'y' தொலைவில் உள்ளது. y ஆனது $\frac{1}{2}\left(\frac{Ee}{m}\right)\left(\frac{l}{v}\right)^2$-க்கு நேர்விகி தத்தில் உள்ளது. நேர்விகித மாறிலி K-ஐக் குழாயின் வடிவத்தி லிருந்து நிர்ணயிக்கலாம். ஆதலால்,

$$y = K. \frac{1}{2} \left(\frac{Ee}{m}\right) \left(\frac{l}{v}\right)^2 \qquad (1)$$

காந்தத்தூண்டல் தற்பொழுது தோற்றுவிக்கப்படுகிறது. சுருள்கள் வழியே ஓடும் மின்னோட்டத்தைச் சீரமைத்து காந்தத்தூண்ட

லின் அளவையும் தேவைக்கேற்ப சீரமைக்கலாம். மின்புலம் ஏற்படுத்திய விலக்கத்தை முற்றிலும் சமனம் செய்யும் வகையில் காந்தத் தூண்டல் சீரமைக்கப்படுகிறது. இது B என்க. ஓடுகின்ற மின்துகள் மீது காந்தத்தூண்டல் ஏற்படுத்துகின்ற விசையானது காந்தத் தூண்டலின் திசை, மற்றும் துகளின் திசைவேகம் இரண்டிற்கும் குத்தாக இருக்கும் என்பதை நினைவு கூர்க. தற்பொழுது தாளின் தளத்திற்குக் குத்தாக படிப்பவரை நோக்கி காந்தத் தூண்டல் செயல்படுகிறது, மின்னூட்டம், e, அது இயங்கும் திசைவேகம் v, என்பதால் அதன்மீது செயல்படும் விசை, $F_B = Bev$ ஆகும். இந்த விசை Ee-க்குச் சமமாகவும் எதிராகவும் உள்ளது. எனவே $v = \frac{E}{B}$ ஆகும். சமன்பாடு (1)-ல் இட,

$$\frac{e}{m} = \frac{2Ey}{KB^2l^2}$$

எனப் பெறப்படுகிறது.

எலக்ட்ரானுக்கு $\frac{e}{m} = 1{\cdot}759 \times 10^{11}\ C\,k_g^{-1}$ ஆகும்.

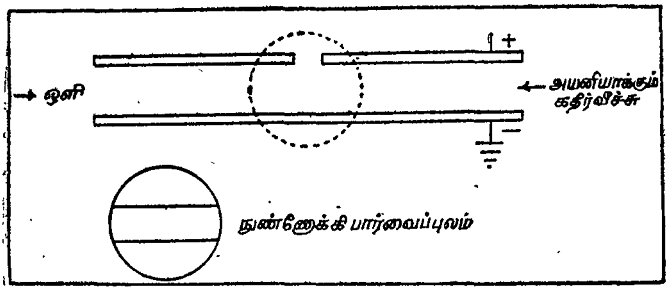
5.2.2. எலக்ட்ரான் மின்னூட்டம்

தாம்சன் சோதனையைப் பின்பற்றி எலக்ட்ரான் மின்னூட்டத்தை நிர்ணயிக்கப் பல சோதனைகள் செய்யப்பட்டன. இவற்றிலெல்லாம் முக்கியமானது மில்லிகன் (Millikan) என்பவரால் 1909-ல் செய்யப்பட்டதாகும்.

தகுந்த தூவியைக் கொண்டு, ஓர் எண்ணெயை நுண்ணிய திவலைகளாகக் காற்றில் தூவினால் இத்திவலைகள் மாறாத திசைவேகத்தில் கீழ்நோக்கி இறங்குகின்றன; திசைவேகம் மாறாமலிருக்கக் காரணம் காற்றின் பாகியல் இழுவையாகும் என்று மில்லிகன் உணர்ந்தார். அத்துடன் காற்றில் அயனிகளிருப்பின் திவலைகள் ஒருசில அயனிகளை ஏற்றுக்கொள்கின்றன; இவ்வாறு மின்னூட்டம் பெற்ற எண்ணெய்த் திவலைகளைத் தகுந்த மின்புலம் செலுத்தி, காற்றில் மிதக்குமாறு செய்யலாம்; மேல்நோக்கி அல்லது கீழ்நோக்கி இயக்கலாம் எனவும் மில்லிகன் சிந்தித்தார்.

படம் 5-4-ல் மில்லிகன் பயன்படுத்திய கருவியின் அமைப்பு முறை காணப்படுகிறது. தங்களிடையே மின்காப்பு பெற்ற இரண்டு சமதள உலோகத் தகடுகள் இணையாகவும் கிடக்கையாகவும் வைக்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றின் இடைவெளி ஒருசில மில்லி மீட்டர்களே. மேல் தகட்டில் ஒரு சிறுதுளை உண்டு.

மேல் தகட்டுக்கு மேலே எண்ணெய்த் திவலைகள் தூவப்படுகின்றன. ஒருசில திவலைகள் இரண்டு தகடுகளுக்கிடையே விழுகின்றன. இவற்றின் மீது ஒளி வீசப்படுகிறது. இத்திவலைகளைக் கவனிக்க ஒரு நுண்ணோக்கி உண்டு. நுண்ணோக்கியின்



படம் 5-4
மில்லிகன் சோதனை

கண்வில்லையில் இரண்டு இணையான கிடைமட்டக் கம்பிகள் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இந்தக் கம்பிகளுக்கிடையேயுள்ள தொலைவைக் கடக்க திவலை எடுத்துக் கொள்ளும் நேரத்தைக் கணித்து, அதன் திசைவேகத்தைக் கணக்கிடலாம். திவலையின் திசைவேகம் ஸ்டோக்ஸ் வாய்பாட்டிலிருந்து பெறப்படுகிறது.

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

என்பது ஸ்டோக்ஸ் வாய்பாடு. இதனில்

η = காற்றின் பாகியல் எண் a = திவலையின் ஆரம்
v = திவலையின் திசைவேகம் ρ = எண்ணெயின் அடர்த்தி
σ = காற்றின் அடர்த்தி g = ஈர்ப்பு முடுக்கம்

ஆகும். எக்ஸ் கதிர்கள் அல்லது புற ஊதாக் கதிர்களைச் செலுத்தி தகடுகளுக்கிடையே உள்ள காற்றில் அயனியாக்கம் செய்யப்படுகிறது. திவலைகள் ஒன்று அல்லது அதற்கு அதிகமான அயனிகளை அல்லது எலக்ட்ரான்களை ஏற்கின்றன. சில சமயங்களில் திவலைகள் தூவியைவிட்டு வெளியேறும் பொழுதே உராய்வினால் மின்னூட்டம் பெற்றிருக்க வாய்ப்பு உண்டு. தற்பொழுது தகடுகளுடன் ஒரு மின்கலத்தை இணைத்து அவற்றிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு தோற்றுவிக்கப்படுகிறது. ஆகவே திவலைமீது மின்புலம் செலுத்துகிற விசை $= Eq$ ஆகும். [E = மின்புலம் ; q = திவலை மீது உள்ள மின்னூட்டம்.] தற்பொழுது திவலை மேல்நோக்கி நகர்கிறது. அதன் திசைவேகம் v_1 கணிக்கப்படுகிறது. எனவே,

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

சமன்பாடுகள் (2) மற்றும் (3)-ஐக் கூட்ட,

$$Eq = 6\pi\eta a (v + v_1).$$

சமன்பாடு (2)-லிருந்து 'a' மதிப்பைப் பதிலீடு செய்வோமாயின்

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

எனப் பெறப்படுகிறது. தகடுகளுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு V என்றும், அவற்றின் இடைத் தொலைவு d என்றும் சொன்னால், $E = \frac{V}{d}$ ஆகும்.

மேற்கண்டவாறு கணக்கிடப்பட்ட மின்னூட்டங்கள் யாவும் ஒரு சிறுமமதிப்பின் முழு மடங்குகளாக இருக்கின்றன என்று மில்லிகன் கண்டார். இச்சிறும மதிப்பே எலக்ட்ரான் மின்னூட்டமாகும். எலக்ட்ரான் மின்னூட்டம் $1 \cdot 591 \times 10^{-19}$ கூலம் என மில்லிகன் கணக்கிட்டார். பின்னர் செய்யப்பட்ட வேறு பல சீரிய சோதனைகளிலிருந்து எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டம் $= 1 \cdot 602 \times 10^{-19}$ கூலம் என அறியப்பட்டுள்ளது.

5.2.3. எலக்ட்ரானின் நிறை

எலக்ட்ரானின் $\frac{e}{m}$ மற்றும் e மதிப்புகளிலிருந்து எலக்ட்ரானின் நிறை (m)யைக் கணக்கிடலாம்.

$$m = \frac{e}{e/m} = \frac{1 \cdot 602 \times 10^{-19}}{1 \cdot 758 \times 10^{11}} = 9 \cdot 110 \times 10^{-31} \ kg.$$

எலக்ட்ரானுக்கான $\frac{e}{m}$ மற்றும் m-ன் மதிப்புகள் பல்வேறு எலக்ட்ரான் தோற்றுவாய்களிலிருந்து கிடைக்கப்பெறும் என நிர்ணயிக்கப்பட்டுள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக, குறை அழுத்த வாயுவில் மின்னிறக்கம், வெப்ப அயனி உமிழ்வு, ஒளிமின் உமிழ்வு கதிரியக்கத்தில் கிடைக்கும் β கதிர்கள் இவற்றைக் கூறலாம். வெவ்வேறு தோற்றுவாய்களிலிருந்து பெறப்பட்ட எலக்ட்ரான்களின் $\frac{e}{m}$ மற்றும் e மதிப்புகள் ஒத்திருந்தபோதிலும் β துகள்களின் $\frac{e}{m}$ மதிப்பு குறைவாகப் பெறப்பட்டது; எனவே β துகளின் நிறை அதிகமென ஊகிக்கலாம். β துகள்களின் திசைவேகங்கள் ஒளியின் திசை வேகத்தை எட்டுகின்றன. எனவே, துகளின் திசை

வேகத்துடன் சேர்ந்து அதன் நிறையும் அதிகரிக்கும் எனச் சார்பு கொள்கையிலிருந்து பெறப்பட்ட முடிவு நிச்சயமாகிறது.

5.2.4. பருப்பொருளின் அலைப்பண்பு (Wave Nature of Matter)

19-ம் நூற்றாண்டிலேயே நிறை மாறக் கோட்பாடும், ஆற்றல் மாறாக் கோட்பாடும் கண்டறியப்பட்டன. அண்டத்தில் பருப்பொருளும், ஆற்றலும் தனித்தனியானவை என்ற கொள்கையும் ஒப்புக் கொள்ளப்பட்டது. பருப்பொருள் நுண்ணிமப் பண்பு உடையது; ஆற்றல் அலைப்பண்பு உடையது. இது கதிர் வீசப்படலாம். ஆனால், கரும்பொருள் கதிர்வீச்சில் (black body radiation) ஆற்றல் பங்கீட்டை விளக்குவதற்கு, பிளாங்க் வெளியிட்ட கொள்கையின்படி கதிர்வீச்சுக்கும் நுண்ணிமப் பண்பு உண்டு என்ற கருத்து தோன்றியது. இதனைத் தொடர்ந்து, பிளாங்க் கொள்கை வழியில் ஒளியின் விளைவுக்கான விளக்கத்தை ஐன்ஸ்டைன் தந்தார். எனவே, மேற்சொன்ன கருத்து வலிமை பெற்றது. ஒளியின் விளைவை விளக்கியதற்காக ஐன்ஸ்டைன் 1921-ல் நோபல் பரிசு பெற்றார். ஹைட்ரஜனின் நிறமாலையில் தோன்றும் வரிகளுக்கு போர் (Bohr) கொடுத்த விளக்கமும் மேற்சொன்ன கருத்தினை உறுதிப்படுத்தியது. எனவே, கதிர் வீசப்படும் ஆற்றலின் இரட்டைப் பண்பு (dual nature) ஒப்புக்கொள்ளப்பட்டது.

1924-ல் லூயி டி பிராலி (Louis de Broglie) என்ற அறிஞர் மிகத் துணிவான ஒரு கருத்தை வெளியிட்டார். ஆற்றலுக்கு இரட்டைப் பண்பு இருப்பதுபோலவே பருப்பொருளுக்கும் இரட்டைப் பண்பு இருக்கலாம். பருப்பொருளானது நுண்ணிமப் பண்பும் அலைப் பண்பும் உடையது என்பதே டி. பிராலின் கருத்து. பருப் பொருளுக்கு அலைப் பண்பு உண்டெனில் அலை நீளம் யாது? பருப்பொருள் அலைகளின் அலைநீளம்,

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

என்பதாம். இங்கு h= பிளாங்க் மாறிலி; $p = mv$ = துகளின் உந்தம். எடுத்துக்காட்டாக, 500 கி. மீ. செ$^{-1}$ என்ற திசை வேகத்தில் செல்லும் எலக்ட்ரானின் அலைநீளம்,

$$\lambda = \frac{6{\cdot}62\times10^{-34}}{(9{\cdot}11\times10^{-31})\,(500\times10^{3})} = 1{\cdot}45\times10^{-9}\ \text{மீ}$$
$$= 1{\cdot}45\ nm$$

இந்த அலை நீளமானது எக்ஸ் கதிர்களின் அலை நீள அளவுகளுடன் ஒப்பிடத் தகுந்தது. எனவே எக்ஸ் கதிர்களின் அலைநீளங்

களை அளக்க உதவும் வழிமுறைகளைக் கையாண்டு எலக்ட்ரான்களின் அலை நீளங்களையும் அளக்கலாம். புரோட்டான், நியூட்ரான் துகள்களின் அலை நீளங்கள் மேற்சொன்னதைவிடக் குறைந்தவையாகும். இக் கருத்துக்குச் சாதகமான சோதனை முடிவுகள் 1927-ல் டேவிஸ்ஸன், ஜெர்மர் என்போரால் பெறப்பட்டன. அவர்கள் நிக்கல் படிகத்தின் முகத்திலிருந்து பிரதிபலிக்கப்படும் எலக்ட்ரான்களைச் சோதித்து நிக்கலின் தன்மைகளை ஆராய்ந்தனர். எக்ஸ் கதிர்களின் விளிம்பு விளைவில் நிகழ்வதுபோல, இச்சோதனையிலும் எலக்ட்ரான்கள் ஒருசில கோணங்களில் மட்டும் பெருமச் செறிவுடன் பிரதிபலிக்கப்பட்டன. பிராக் விதி (Bragg's Law)யைப் பயன்படுத்தி எலக்ட்ரான்களின் அலை நீளங்களைக் கணக்கிட்டனர். அவர்களின் விடைகள் டி பிராலி வாய்பாட்டிலிருந்து பெறப்படும் அலை நீளங்களுடன் ஒத்திருந்தன.

பின்னர், G. P. தாம்சன் (இவர் J. J. தாம்சனின் மகனாவார்) ஒரு சோதனை செய்தார். இச்சோதனையில், மெல்லிய தங்கத் தாள்மீது விழும் எலக்ட்ரான்கள், எக்ஸ் கதிர்களைப் போலவே விளிம்பு விளைவு காட்டின. ஆதலால், எலக்ட்ரான்களுக்கும் மற்ற நுண்ணிய துகள்களுக்கும் அலைப் பண்பும் உண்டு என்ற கருத்து ஒப்புக் கொள்ளப்பட்டது.

எலக்ட்ரான்களின் அலைப் பண்பினால் ஒரு முக்கிய நடைமுறைப் பயன்பெறப்படுகிறது. இதுவே எலக்ட்ரான் மைக்ராஸ்கோப் அல்லது எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியாகும். சாதாரண ஒளியியல் நுண்ணோக்கி (Optical Microscope)யின் பகுதிறன் அதனில் பயன்படும் ஒளியின் அலை நீளத்தைச் சார்ந்து அமைகிறது; அலை நீளம் குறையக் குறைய பகுதிறன் உயரும். எக்ஸ் கதிர்களின் அலை நீளம், ஒளியின் அலை நீளத்தில் $\frac{1}{3000}$ பங்குதான். அப்படியானால் எக்ஸ் கதிர்களை நுண்ணோக்கியில் பயன்படுத்தினால் கருவியின் பகுதிறன் 3000 மடங்காகலாமல்லவா? ஆனால், ஒளியைக் குவியமாக்குவதுபோல, லென்சுகளைப் பயன்படுத்தி எக்ஸ் கதிர்களைக் குவியமாக்க இயலாது. ஆனால், மின்புலங்களையோ அல்லது காந்தப் புலங்களையோ பயன்படுத்தி எலக்ட்ரான்களைக் குவியமாக்க இயலும். இவ்வாறு எலக்ட்ரான்களைப் பயன்படுத்தி உருப்பெருக்கிக் காட்டுவது எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியாகும்.

5.3. அணு மாற்றம் அல்லது அணுத்திரிபு (Transmutation of Atoms)

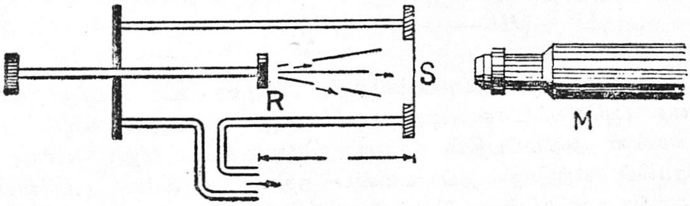
5.3.1. தன்னிச்சையான மாற்றம் (Spontaneous Transmutation)

தனிம அட்டவணையில் காணப்படும் சில கனமான தனிமங்கள் கதிரியக்கமுடையன; இவை தன்னிச்சையாக α அல்லது β துகளையும் γ கதிர்களையும் வீசுகின்றன. ஆல்ஃபாத் துகளானது ஹீலியம் அணுக்கருதான் என்பதை நினைவு கொள்க. கதிரியக்கமுடைய ரேடியத்தின் நிறை எண் 226; அணு எண் 88. இது ஓர் ஆல்பாத் துகளை வீசினால் இதனுடைய நிறை எண் நான்கு குறைந்து 222 ஆகும்; அணு எண் இரண்டு குறைந்து 86 ஆகும். பொதுவாக, கதிரியக்கத் தனிமம் ஓர் ஆல்பாத் துகளை வீசினால் அதன் நிறை எண்ணில் நான்கு எண்ணிக்கை குறைகிறது; அணு எண்ணில் இரண்டு எண்ணிக்கை குறைகிறது. இதுபோலவே, ஒரு பீட்டாத் துகள் வீசப்பட்டால் நிறை எண் மாறுவதில்லை; அணு எண் மட்டும் ஓர் எண்ணிக்கை கூடுகிறது. இதற்கு எடுத்துக் காட்டாக, தோரிய ஐசடோப்பினைக் கூறலாம். தோரியம் ஐசடோப்புக்கு அணு எண் 90; நிறை எண் 234. இது ஒரு பீட்டாத் துகளை வீசி, அணு எண் 91-ம், நிறை எண் 234-ம் உடைய புரோட்டோ ஆக்டினியமாக மாறுகிறது. இவ்வாறு ஒரு தனிமம் தன்னிச்சையாக வேறொரு தனிமமாக மாறிவிடுகிறது (அல்லது திரிந்து விடுகிறது); இதுவே தன்னிச்சையான அணு மாற்றம் (அல்லது தன்னிச்சையான திரிபு) எனப்படும். இயற்கைக் கதிரியக்கம் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுப் பல ஆண்டுகளுக்குப் பின்னர், இலேசான தனிமங்களிலும் அணுமாற்றம் செய்ய இயலும் என்று கண்டனர். புரோட்டான், டியூடிரான், ஆல்பா போன்ற மின்னூட்டம் பெற்ற துகள்களைக் கொண்டு இலேசான தனிமத்தின் அணுக்கருவைத் தாக்கினால் அதனில் அணுமாற்றம் நிகழும்; இதுவே செயற்கை அணுமாற்றம் (Artificial Transmutation) ஆகும்.

5.3.2. ருதர்ஃபோர்டு சோதனை

1911-ல் ருதர்ஃபோர்டு முதன் முதலாகச் செயற்கை அணு மாற்றத்தை நிகழ்த்தினார். நைட்ரஜன் அணுக்களை, விரைந்து செல்லும் ஆல்ஃபாத் துகள்கள் தாக்கினால் அவை ஆக்சிஜன் அணுக்களாக மாறுகின்றன எனச் சோதனைகளினின்றும் முடிவு செய்தார். படம் 5-5-ல் காணப்படுவனபோல் ருதர்ஃபோர்டு பயன்படுத்திய கருவிகள் இருந்தன.

கண்ணாடியாலான நீண்ட குழாய் ஒரு வெற்றிடப் பம்புடன் இணைக்கப்பட்டது. இயற்கதிரியக்கமுடைய பொலோனியம் ஒரு சிறு இடுக்கியில் (*R*) வைக்கப்பட்டது. குழாயின் ஒரு முனையில் ஒளிர் திரை (*S*) பொருந்தியுள்ளது. பொலோனியத்தால் வீசப்பட்ட ஆல்பாத் துகள்கள் ஒளிர்திரைமீது விழுந்து ஒளித் தெறிப்புகளை ஏற்படுத்துகின்றன. ஒரு நுண்ணோக்கி (*M*) வழியாகப் பார்த்து ஒளித்தெறிப்புகளை எண்ணலாம். பொலோனியத்தால் வீசப்பட்ட ஆல்பாத் துகள்கள் காற்றில் 7 செமீ. தொலைவு செல்லக்கூடும். குழாய்க்குள் நைட்ரஜன் நிரப்பப்பட்டு திரைக்கும பொலோனியத்திற்கும் இடையே 40செமீ இருந்தாலும் திரைமீது ஒளித்தெறிப்புகள் காணப்பட்டன. திரைமீது விழும்



படம் 5-5

ருதர்ஃபோர்டு சோதனை

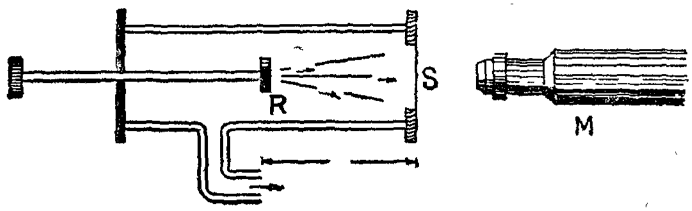
துகள்கள் மீது காந்தப்புலத்தைச் செலுத்தி அவற்றைப் பாதை விலக்கம் செய்யப்பட்டது. இதனின்றும் அத்துகள்கள் புரோட்டான்கள் என ருதர்ஃபோர்டு அறிந்தார். புரோட்டான்கள் அங்கு எப்படித் தோன்றின? இதனை ருதர்ஃபோர்டு பின்வருமாறு விளக்கினார்: நைட்ரஜன் அணுக்கருவை ஆல்பாத்துகள் தாக்குவதால் ஆக்சிஜனும் புரோட்டானும் பெறப்படுகின்றன. இதனைப் பின்வரும் சமன்பாடாக எழுதலாம்:

$$ {}_{7}N^{14} + {}_{2}He^{4} \longrightarrow {}_{8}O^{17} + {}_{1}H^{1} $$

இவ்வகைச் சமன்பாடுகளில் இடுகுறியின் வலது உச்சியில் எழுதப்படுவது நிறை எண் ஆகும்; இடுகுறியின் இடது அடியில் எழுதப்படுவது அணு எண் ஆகும்.

மேற்சொன்ன கருவிகளைப் பயன்படுத்தி, பல இலேசான தனிமங்களை வேறு தனிமங்களாக மாற்றலாம் என ருதர்ஃபோர்டு கண்டறிந்தார். பண்டைய நாள்களில் இரசவாதிகள் (Alchemists) கண்ட கனவு ஒரு வேறுபாட்டுடன் நனவாகியது. இரசவாதம் நிகழ்வது வேதியியல் முறைகளில் அல்ல; இயற்பியல் முறைகளில்தான்.

கண்ணாடியாலான நீண்ட குழாய் ஒரு வெற்றிடப் பம்புடன் இணைக்கப்பட்டது. இயற்கதிரியக்கமுடைய பொலோனியம் ஒரு சிறு இடுக்கியில் (R) வைக்கப்பட்டது. குழாயின் ஒரு முனையில் ஒளிர் திரை (S) பொருந்தியுள்ளது. பொலோனியத்தால் வீசப்பட்ட ஆல்பாத் துகள்கள் ஒளிர்திரைமீது விழுந்து ஒளித்தெறிப்புகளை ஏற்படுத்துகின்றன. ஒரு நுண்ணோக்கி (M) வழியாகப் பார்த்து ஒளித்தெறிப்புகளை எண்ணலாம். பொலோனியத்தால் வீசப்பட்ட ஆல்பாத் துகள்கள் காற்றில் 7 செமீ. தொலைவு செல்லக்கூடும். குழாய்க்குள் நைட்ரஜன் நிரப்பப்பட்டு திரைக்கும் பொலோனியத்திற்கும் இடையே 40செமீ இருந்தாலும் திரைமீது ஒளித்தெறிப்புகள் காணப்பட்டன. திரைமீது விழும்



படம் 5-5
ருதர்ஃபோர்டு சோதனை

துகள்கள் மீது காந்தப்புலத்தைச் செலுத்தி அவற்றைப் பாதை விலக்கம் செய்யப்பட்டது. இதனின்றும் அத்துகள்கள் புரோட்டான்கள் என ருதர்ஃபோர்டு அறிந்தார். புரோட்டான்கள் அங்கு எப்படித் தோன்றின? இதனை ருதர்ஃபோர்டு பின்வருமாறு விளக்கினார்: நைட்ரஜன் அணுக்கருவை ஆல்பாத்துகள் தாக்குவதால் ஆக்சிஜனும் புரோட்டானும் பெறப்படுகின்றன. இதனைப் பின்வரும் சமன்பாடாக எழுதலாம்:

$$_{7}N^{14} + {}_{2}He^{4} \longrightarrow {}_{8}O^{17} + {}_{1}H^{1}$$

இவ்வகைச் சமன்பாடுகளில் இடுகுறியின் வலது உச்சியில் எழுதப்படுவது நிறை எண் ஆகும்; இடுகுறியின் இடது அடியில் எழுதப்படுவது அணு எண் ஆகும்.

மேற்சொன்ன கருவிகளைப் பயன்படுத்தி, பல இலேசான தனிமங்களை வேறு தனிமங்களாக மாற்றலாம் என ருதர்ஃபோர்டு கண்டறிந்தார். பண்டைய நாள்களில் இரசவாதிகள் (Alchemists) கண்ட கனவு ஒரு வேறுபாட்டுடன் நனவாகியது. இரசவாதம் நிகழ்வது வேதியியல் முறைகளில் அல்ல; இயற்பியல் முறைகளில்தான்.

5.3.3. துகள் முடுக்கிகள்

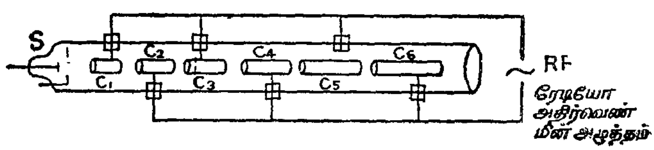
ருதர்ஃபோர்டு சோதனைகளுக்குப் பின்னர் 1932-ல் காக்ராக்ஃப்ட் மற்றும் வால்டன் (Cockroft and Walton) என்பார் இலேசான தனிமங்களில் அணுமாற்றம் செய்ய புரோட்டான்களைப் பயன்படுத்தலாம் என்று கண்டனர். மிக உயர்ந்த மின்னழுத்தத்தைச் செலுத்தி (120,000 வோல்ட்கள்) புரோட்டான்களை முடுக்கினர். மீஉயர் திசைவேகம் பெற்ற புரோட்டான்கள், அணுக்கருவின் நிலை மின்னியல் ஒதுக்கு விசையையும் மீறிச் சென்று அணுக்கருவைத் தாக்கின. அவர்கள் செய்த சோதனையில் லிதியம் (lithium) இலக்கு அணு (Target Atom) வாகப் பயன்பட்டது. லிதியத்தைப் புரோட்டான் தாக்குவதால் ஹீலியம் பெறப்படுகிறது.

$$_3Li^7 + {}_1H^1 \longrightarrow {}_2He^4 + {}_2He^4$$

இந்த வழியைப் பின்பற்றி, மின்னூட்டம் பெற்ற துகள்களை (புரோட்டான், டியூடிரான், α-துகள்) முடுக்கக்கூடிய எந்திரங்களை அமைப்பதில் கவனம் செலுத்தப்பட்டது. வான் டி கிராஃப் எந்திரத்தைப் பயன்படுத்தி மீஉயர்வான (மில்லியன் வோல்ட்கள்) மின்னழுத்தங்களைப் பெறலாம். எனினும், மீஉயர் மின்னழுத்தங்களைக் கையாள்வதில் ஆபத்துகள் விளையலாம். எனவே துகள்களை முடுக்க வேறு வழிமுறைகள் காணப்பட்டன. இப்படியமைக்கப்பட்ட துகள் முடுக்கிகளில் இரண்டு முக்கிய வகைகள் உண்டு.

5.3.4. நேர்ப்போக்கு முடுக்கிகள் (Linear Accelerators)

மின்னூட்டத் துகளை மீண்டும் மீண்டும் முடுக்குதல் நேர்ப்போக்கு முடுக்கியின் அடிப்படைத் தத்துவம். படம் 5-6 காண்க.



படம் 5-6

நேர்ப்போக்கு முடுக்கி

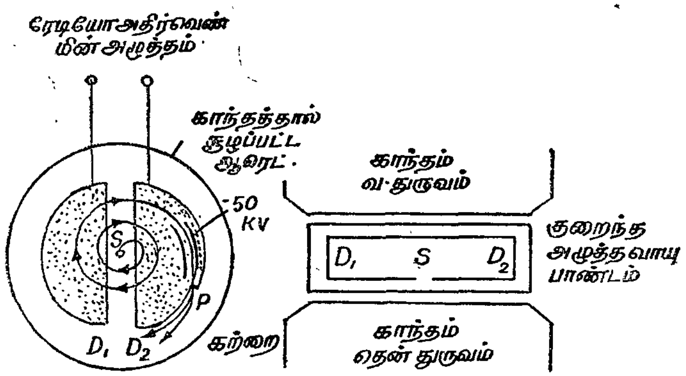
பலகுழாய்கள் வரிசையாக உள்ளன. இவற்றின் நீளங்களும் தொடர்ந்து அதிகமாகின்றன. ஒன்றுவிட்ட குழாய்கள் மின்

ணிணைப்பு பெற்றுள்ளன. இவ்வாறு குழாய்கள் அனைத்தும், இரண்டு தொகுதிகளாக உள்ளன. மீஉயர் அதிர்வெண்ணில் மாறுதிசை மின்னழுத்தம் இத்தொகுதிகளிடையே செலுத்தப் படுகிறது. *S* என்பது மின்னூட்டத் துகள்களைத் தருகின்ற மூலம். *S*-லிருந்து புறப்பட்ட ஒரு துகள் C_1 மற்றும் C_2 என்ற குழாய்களின் இடைவெளிக்கு வரும்பொழுது, C_2 என்ற குழாய் தகுந்த முனைவு (polarity) பெறப்படும் (நேர் மின்னூட்டத் துகள் எனில் C_2 எதிர் முனைவு பெற வேண்டும்). எனவே துகள் முடுக்கம் பெற்று C_2-வினுள் நுழைகிறது. குழாயினுள் துகள் சீரான திசைவேகத்துடன் செல்கிறது. மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தின் அதிர்வெண்ணும், குழாய்களின் நீளங்களும் தகுந்தவாறு சீர்மைக்கப்படுவதால் C_2-வைக் கடந்து, C_2-க்கும் C_3-க்கும் உள்ள இடைவெளிக்குத் துகள் வரும்பொழுது குழாய்களின் முனைவுகள் மாறிவிடுகின்றன. எனவே, துகள் மீண்டும் முடுக்கம் பெற்று குழாய் C_3-க்குள் நுழைகிறது. துகளின் திசைவேகம் தற்பொழுது உயர்ந்துள்ளது. எனவே அரை அலைவு நேரத்தில் அது கடக்கும் நீளமும் அதிகம், இதற்கேற்ப குழாய் C_3-ன் நீளமும் அதிகம். இதுபோல முடுக்கியில் குழாய்களின் நீளங்கள் ஏறுவரிசையாக உள்ளன. குழாய்களின் நீளங்கள், இயல் எண்களின் வர்க்க மூலத்திற்கு ($\sqrt{1}, \sqrt{2}, \sqrt{3}, ..$) நேர் விகிதத்தில் அமைய வேண்டும் என நிறுவலாம். இவ்வாறு எல்லாக் குழாய்களிலும் புகுந்துவரும் துகளின் ஆற்றல் மிக அதிகமாயிருக்கும். ஸ்டான் ஃபோர்டு பல்கலைக்கழக (*USA*)த்தில் உள்ள நேர்ப்போக்கு முடுக்கியின் மொத்த நீளம் சுமார் 3 மைல்களாகும். காற்றிலுள்ள ஆக்சிஜன், நைட்ரஜன் மூலக் கூறுகளைத் தாக்குவதில், முடுக்கம் பெற்ற துகளின் ஆற்றல் வீணாகிவிடக் கூடும். இதைத் தவிர்க்க, முடுக்கி முழுவதும் வெற்றிடத்தினுள் அமைய வேண்டும்.

5.3.5. சைக்ளோட்ரான் (Cyclotron)

1932-ல் இலாரென்சும் இலிவிங்ஸ்டனும் (Lawrence and Livingstone) ஒரு புதுவகைத் துகள் முடுக்கியை அமைத்தனர்; இது சைக்ளோட்ரான் எனப்பட்டது. மின்னூட்டத் துகளைத் தரும் மூலம் S. இது ஒரு வட்ட வடிவமான பெட்டியின் மையத்தில் வைக்கப்படுகிறது. பெட்டி உலோகத்தாலானது. இப்பெட்டி இரண்டு பாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. ஒவ்வொரு பாகமும் 'D' என்ற ஆங்கில எழுத்தின் வடிவத்தில் உள்ளதால் அவற்றை D-க்கள் (Dees) என்று அழைப்பர். 'D'க்கள் இரண்டும் உயர் அதிர்வெண் மாறுதிசை மின்னழுத்தக் கருவி ஒன்றுடன் இணைக்

கப்படுகின்றன. அவை வெற்றிடத்தில் வைக்கப்படுகின்றன. மிக வலிமையான மின்காந்தத்தின் வடக்கு, தெற்கு துருவங்களுக்கு இடையில் இரண்டு D-க்களும் உள்ளன. D-க்களின் இடையே உள்ள துகளை, தகுந்த முனைவு (polarity) உடைய D தன்னுள் ஈர்த்து முடுக்கும். D-க்குள் சென்ற துகள் அதனுள் மாறாத திசைவேகத்துடன் இயங்குகிறது. அதன் பாதை



படம் 5-7
சைக்ளோட்ரான்

வட்டமாகும். ஏனெனில், காந்தப்புலம் ஒன்றில் அதற்கு நேர் குத்தாக இயங்கும் மின்னூட்டத்துகள் வட்டப்பாதையில் செல் லும். நிறை 'm'-ம், மின்னூட்டம் 'e'-ம் உடைய துகளின் திசை வேகம் v என்க. இதன் வட்டப் பாதையின் ஆரம் 'r' எனில்

$$\frac{mv^2}{r} = Bev \text{ ஆகும்.}$$

(B = மின்காந்தம் ஏற்படுத்தும் காந்தத் தூண்டல்). ஓர் அரை வட்டம் செல்ல எடுக்கும் நேரம் $\frac{\pi r}{v} = \frac{\pi m}{Be}$. இந்த நேரமானது பாதையின் ஆரம், r மற்றும் துகளின் திசைவேகம் v ஆகிய வற்றைச் சார்ந்திருக்கவில்லை. இந்த நேரத்திற்குப் பிறகு துகள் மீண்டும் D-க்களின் இடைவெளிக்கு வரும். இந்த இடைக் காலத்தில் D-க்களின் முனைவு மாறிவிட்டதெனில், துகள் மீண்டும் முடுக்கம் பெற்று மற்ற D-யினுள் புகும். இப்பொழுது இதன் திசைவேகம் கூடுதலாகும். எனவே அதன் அரைவட்டப் பாதை யின் நீளமும் அதிகமாகும்; அதாவது அதன் பாதையின் ஆரம்

அதிகமாகும். மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தின் அதிர்வெண் $\frac{Be}{2\pi m}$ ஆக அமையவேண்டும். D-க்களுக்குள்ளேயே பலமுறை சுற்றிச்சுற்றி வந்து விளிம்பருகே வரும்பொழுது துகள் மிக அதிகமான திசை வேகத்துடன் இயங்குகின்றது. மின்வாய் P-க்குச் சிறிது மின்ன ழுத்தம் கொடுத்தால் இதன் காரணமாகத் துகள் பாதை விலகி D-யிலிருந்து வெளியேறும்.

துகளின் திசைவேகம் உயர உயர அதன் நிறையும் கூடுகிறது என்று முன்னரே கூறப்பட்டது. எனவே சைக்ளோட்ரானிலும் துகளின் திசைவேகம் மிக அதிகமாக உயர்ந்தால் அதன் நிறையும் உயரும். ஆகையால், D-க்களின் இடைவெளியில் துகள் (D-யின் முனைவு மாறுகின்ற) சரியான கணத்திற்கு வந்து சேராது. இதன் காரணமாக, துகள் பெறக்கூடிய திசைவேகத்திற்கு ஓர் உச்ச வரம்பு ஏற்படுகிறது. இக்குறையை நீக்கி அமைக்கப்பட்டது சின்க்ரோ சைக்ளோட்ரான் (Synchro cyclotron) ஆகும். இதனில் மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தின் அதிர்வெண் குறிப்பிட்ட, தகுந்த சமயத்தில் குறைக்கப்படுகிறது. எனவே மின்னழுத்த அதிர்வெண்ணும் துகள்களின் சுழற்சியும் இசைவு பெறுகின்றன.

5.3.6. தூண்டப்பட்ட கதிரியக்கம் அல்லது செயற்கைக் கதிரியக்கம்

1934-ல் **பிரெடெரிக் ஜோலியோ, இரீன் கியூரி ஜோலியோ** இருவரும் (மேடம் கியூரியின் மகள் இரீன் ஆவார்) இலேசான தனிமங்களின் செயற்கை அணு மாற்றத்தில் பெறப்பட்ட சில ஐசடோப்புகள் கதிரியக்கமுடையனவாயிருப்பதைக் கண்டுபிடித் தனர். இந்த நிகழ்வு தூண்டப்பட்ட கதிரியக்கம் அல்லது செயற் கைக் கதிரியக்கம் எனப் பெயரிடப்பட்டது. செயற்கைக் கதிரி யக்கத் தனிமங்கள் பீட்டாத் துகள்களை உமிழ்கின்றன. இவை மூன்று வகைகளில் சிதைகின்றன. அவை சிதையும் பொழுது காமாக் கதிர்வீச்சு நிகழ்கிறது.

செயற்கைக் கதிரியக்கத் தனிமங்கள் சிதையும் முறைகளா வன:

1. சில செயற்கைக் கதிரியக்கத் தனிமங்கள் எலக்ட்ரானை (பீட்டாத் துகள்களை) வீசுகின்றன; இதனால் அணு எண்ணில் ஓர் எண்ணிக்கை கூடுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக,

$${}_{11}Na^{24*} \longrightarrow {}_{12}Mg^{24} + {}_{-1}e^{0}$$

தனிமத்தின் இடுகுறியின் உச்சியில் இடப்படும் * என்ற அடை யாளம் அந்த ஐசடோப்பு செயற்கைக் கதிரியக்கம் உடையது என்பதைக் குறிப்பதாகும்.

2. எலக்ட்ரானுக்குச் சமமான நிறையும் அதன் எதிர்மின் னூட்டத்திற்குச் சமமான நேர்மின்னூட்டமும் உடைய துகள் பாசிட்ரான் (β^{+}) எனப்படும்.

சில செயற்கைக் கதிரியக்கத் தனிமங்கள் பாசிட்ரான்களை வீசுகின்றன. எனவே அணுஎண்ணில் ஒன்று குறைகிறது. எடுத் துக்காட்டாக.

$$_{15}P^{30^{*}} \longrightarrow {}_{14}Si^{30} + {}_{1}e^{0}.$$

3. சில செயற்கைக் கதிரியக்கத் தனிமங்களின் அணுக்கரு வானது K-கூட்டில் உள்ள ஓர் எலக்ட்ரானைக் கவர்ந்துகொள் கிறது. இது K-எலக்ட்ரான் கவர்தல் எனப்படும். இதனால் தனி மத்தின் அணு எண்ணில் ஓர் எண்ணிக்கை குறையும்.

$$_{4}Be^{7^{*}} + {}_{-1}e^{0} \longrightarrow {}_{3}Li^{7}.$$

5.3.7. செயற்கைக் கதிரியக்கத்தின் பயன்கள்

செயற்கைக் கதிரியக்கமுடைய ஐசடோப்புகள் ரேடியோ ஐசடோப்புகள் என்று அழைக்கப்படுகின்றன. 1200-க்கும் அதிகமான ரேடியோ-ஐசடோப்புகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றால் பெறப்படும் பயன்களில் மிக முக்கியமானதாக அணுக் கரு அமைப்பு பற்றிய ஆராய்ச்சியைக் கூறலாம். அணுக்களின் நிறமாலையைப் பற்றிய சோதனைகளிலிருந்து அணுவின் எலக்ட் ரானியக் கட்டமைப்பு பற்றிய விவரங்கள் பெறப்பட்டனவல்லவா? அதுபோன்றே, ரேடியோ - ஐசடோப்புகள் வீசுகின்ற β மற்றும் γ-கதிர்வீச்சுகளின் ஆற்றல்களை அளந்து சேயணுக்கருவின் (nucleus of the daughter element) அமைப்பைப் பற்றிய விவரங்கள் பெறப்பட்டுள்ளன. அணுக்களில் எலக்ட் ரானியக்கூடுகள் உள்ளது போன்றே, அணுக் கருவிற்கும் கூடு அமைப்பு (shell structure) உண்டு என்ற கருத்து பெறப் பட்டுள்ளது.

ரேடியோ-ஐசடோப்புகள், வேதியியல் மற்றும் உயிரியல் ஆராய்ச்சிகளில் தடங்காண் தனிமங் (tracer elements) களாகப் பயன்படுகின்றன. இந்த ஆராய்ச்சிகளில் சாதாரண

ஐசடோப்புகளுக்குப் பதிலாக ரேடியோ-ஐசடோப்புச் சேர்ந்த சேர்மங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. தகுந்த கதிரியக்க உணர்வி (radiation detector) களைக் கொண்டு ரேடியோ ஐசடோப்பின் பாதைகளை அல்லது செயல்பாட்டை அறியலாம். எடுத்துக்காட்டாக, தைராய்டு சுரப்பியானது அயடினை எளிதில் ஏற்றுக் கவர்ந்துகொள்கிறது. ரேடியோ-அயடின் ($_{53}I^{131*}$) சேர்ந்த சோடியம் அயோடைடு சிறிதளவு ஒருவருக்குத் தரப்பட்டால், அயடின் அவர் உடலில் கிரகிக்கப்படுவதை எளிதில் அறிந்துகொள்ளலாம். பயிர்கள் உரங்களை என்ன வேகத்தில் உட்கொள்கின்றன? மற்றும் அவற்றின் வளர்ச்சிக்கும் மகசூலுக்கும் உரங்கள் எப்படித் துணைபுரிகின்றன? என்பதை ரேடியோ-ஐசடோப்புகள் கலந்த உரங்களைப் பயிர்களுக்கு இட்டு ஆராய்ந்தறியலாம். எனவே, பயிரின் வளர்ச்சிக்கு ஏற்ற உரம் எது? நல்ல மகசூலைத்தரும் உரம் எது, என்பனவற்றை அறிந்து பயன்படுத்தலாம்.

மருத்துவத்தில் 'ரேடியோ ஆட்டோகிராப்' (radio autograph) என்ற முறை பயன்படுகிறது. நோயாளியின் உடலில் ஆராய வேண்டிய உறுப்பு எந்தத் தனிமத்தை எளிதில் கவர்கிறது என்பதை மருத்துவர் அறிவர். இத்தனிமத்தின் ரேடியோ-ஐசடோப்பு சேர்ந்த மருந்து நோயாளிக்கு அளிக்கப்படுகிறது. குறிப்பிட்ட உறுப்பு மருந்தைக் கவர்கிறது. அதனிலிருந்து கதிர் வீச்சு பெறப்படும் அல்லவா? அந்த உறுப்புக்கு அருகில் ஒளி படத்தாளை வைத்து படம் எடுக்கப்படும். உறுப்பு என்ன நிலைமையிலுள்ளது என்பதை இந்தப் படம் காட்டும். இப்படம் எக்ஸ்கதிர்களைப் பயன்படுத்திப் பெறப்படுகின்ற படத்தைப் போன்றதேயெனினும் இப்படத்தில் மிக நுணுக்கமான விவரங்கள் பெறப்படுகின்றன. கோபால்ட்-60 என்ற ரேடியோ-ஐசடோப்பு வீசுகின்ற காமாக் கதிர்வீச்சுகள் புற்றுநோய்ச் சிகிச்சைக்கு உதவுகின்றன.

5. 4. நியூட்ரான்

5.4.1. நியூட்ரான் கண்டுபிடிப்பு—நியூட்ரானின் பண்புகள்

அணுக்கருவினுள் மின்நடுநிலையான துகள்கள் இருக்கலாம் என்ற கருத்தை 1920-ல் ருதர்ஃபோர்டு வெளியிட்டார். அணுவானது மின்நடுநிலை உடையது. 'அணுவிலுள்ள எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை அணுக்கருவினுள் உள்ள புரோட்டான்களின்

எண்ணிக்கைக்குச் சமமாகவேண்டும். 'எனவே அணுவின் நிறையில் மிச்சப்பகுதி மின்நடுநிலையான துகள்களாக இருக்கவேண்டும்' என்று அவர் தம் கருத்தை விளக்கினார். மின்நடுநிலையான துகள்கள் பின்னர் 1932-ல் சாட்விக் (Chadwick) என்பவரால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டன.

சாட்விக், தனது சோதனையில், பொலோனியத்தால் வீசப் படுகின்ற ஆல்பாத் துகள்கள் பெரில்லியம் அணுக்களைத் தாக்கு மாறு செய்தார். அப்பொழுது புகுதிறன் மிகுதியாகப் பெற்ற கதிர்வீச்சு நிகழ்வதைக் கண்டார். இக்கதிர் வீச்சை மின்புலமோ காந்தப் புலமோ பாதிக்கவில்லை. இவை காமாக்கதிர்களாக இருக் கலாம் எனக் கருதி இவற்றின் ஆற்றலைக் கணக்கிட்டார். இக் கதிர் வீச்சுக்கு மீயாற்றல் இருப்பதைக் கண்டனர். காமாக் கதிர்களுக்கு அந்த அளவிற்கு ஆற்றல் இருக்க இயலாது என்பதை முன்னரே அறிவர். எனவே ஒரு புதியதான கதிர்வீச்சு நிகழ வேண்டும் என்று முடிவு செய்து விளக்கம் பெற முயன்றனர். புரோட்டான்களுக்குச் சமமான நிறையுடைய ஆனால் மின் நடுநிலையான துகள்கள் கதிர் வீசப்படுகின்றன என்று எடுத்துக் கொண்டால் கணக்கீடுகள் மிகவும் பொருந்திவந்தன. இத்துகள் களுக்கு **நியூட்ரான்கள்** எனப் பெயரிடப்பட்டது. ஆல்பாத் துக ளால் பெரில்லியம் தாக்கப்படும் வினையைப் பின்வருமாறு எழுத லாம்.

$$_2He^4 + {}_4Be^9 \longrightarrow {}_6C^{12} + {}_0n^1;$$

$_0n^1$ என்பது நியூட்ரானைக் குறிக்கிறது.

நியூட்ரான்கள் மின்னூட்டம் பெறாதனவாதலால் அவை வாயுக்களில் அயனியாக்கம் செய்வதில்லை. அவை மின்புலத் தால் அல்லது காந்தப்புலத்தால் பாதைவிலக்கம் பெறுவதில்லை. நியூட்ரான் கற்றைகள் அலைப்பண்பு காட்டுகின்றன; எனவே எக்ஸ் கதிர்களைப் போலவே அவையும் படிகங்களால் விளிம்பு விளைவுக்குட்படுகின்றன. ஆதலால் படிகங்களின் கட்டமைப்பு ஆராய்ச்சியில் நியூட்ரான்கள் பயன்படுகின்றன. தனித்த நியூட் ரானுக்கு நிலைப்பாடு இல்லை. அது ஒரு புரோட்டானாகவும், எலக்ட்ரானாகவும் சிதைகிறது. இச்சிதைவின் அரைஆயுள் சுமா ரீக 1000 செகண்டுகள்

$$_0n^1 \longrightarrow {}_1H^1 + {}_{-1}e^0$$

மின் நடுநிலையான நியூட்ரான்களைக் கண்டுணர்வதற்கு எந்திரவியல் தத்துவமொன்று பயன்படுத்தப்படுகிறது.

சம நிறையுடைய இரண்டு துகள்களைக் கருதுவோம். இவற்றில் ஒன்று குறிப்பிட்ட உந்தத்துடன் இயங்குகிறது; மற்றது அமைதிநிலையிலுள்ளது. இயங்கும் முதல் துகள் இரண்டாவது துகளின் மீது மோதுகிறது. இதனால் முதல் துகளின் உந்தம் முழுவதும் இரண்டாவது துகளுக்கு மாற்றப்படும். மோதலுக்கு முன் முதல் துகள் இயங்கிய திசைவேகத்தில், மோதலுக்குப்பின் இரண்டாவது துகள் இயங்கும்; முதல் துகள் அமைதிநிலை அடையும்.

நீர் அல்லது பாரஃபின் (Paraffin)-ல் நிறைய ஹைட்ரஜன் அணுக்கள் உண்டு. ஹைட்ரஜன் அணுக்கரு ஒரு புரோட்டான் ஆகும். நீரிலுள்ள ஹைட்ரஜன் அணுக்களை நியூட்ரான்கள் தாக்கினால், நியூட்ரான்கள் அமைதி நிலைக்கு வரும். தாக்கும் நியூட்ரானின் திசை வேகத்திற்குச் சமமான திசைவேகத்துடன் புரோட்டான்கள் வெளியேறுகின்றன. புரோட்டான்களை எளிதில் கண்டுணரலாம்; இதற்கு கைகர் எண்ணி (Geiger counter), முகிற் கலம் (Cloud chamber) போன்ற கருவிகளைப் பயன்படுத்தலாம்.

புரோட்டான், டியூடிரான், மற்றும் α-துகள் போலவே நியூட்ரானும் அணுமாற்றம் செய்ய உதவும். நியூட்ரான்களுக்கு மின்னூட்டம் இல்லாததால், அணுக்கருவின் நிலை மின்னியல் புலத்தால் தடையுறுவதில்லை. எனவே நியூட்ரான்களுக்கு, மற்ற துகள்களைப் போல் உயர்ந்த ஆற்றல் தேவையில்லை.

5.4.2. அணுக்கருப் பிளவை (Nuclear Fission)

1934-ல் ஃபெர்மி (Fermi)யும் அவர் சகாக்களும் செயற்கைக் கதிரியக்கத்தில் ஆராய்ச்சிகள் செய்தனர்; இவற்றில் நியூட்ரான்களைப் பயன்படுத்தினர். தனிமங்கள் எல்லாவற்றிலும் மிகப் பளுவான யுரேனியத்தை நியூட்ரான் கொண்டு தாக்கினால் அணு எண் 93 உடைய புதிய தனிமம்—இதன் பெயர் நெப்டூனியம்—கிடைப்பதைக் கண்டுபிடித்தனர். இந்த முறையில், 92-ஐ விட அதிகமான அணு எண் உடைய தனிமங்கள் பல (புளூடோனியம் 94, அமெரிசியம்-95 இன்னபிற) கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. இத்தனிமங்கள் யுரேனியம் கடந்த (Transuranic) தனிமங்கள் எனப்பட்டன.

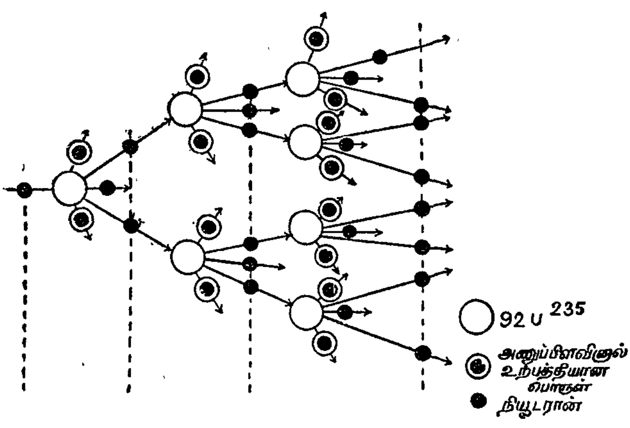
1939-ல் ஹான் (Hahn), மெய்ட்னர் (Meitner) மற்றும் ஸ்ட்ராஸ்மன் (Straussmann) என்பார் சில யுரேனியம் கடந்த தனிமங்களைப் பெறும் முயற்சியில் ஈடுபட்டிருந்தனர். ஒரு சோதனையில் யுரேனியத்தை நியூட்ரான் கொண்டு தாக்கிய-

தில், யுரேனியம் கடந்த தனிமம் எதுவும் கிடைக்கவில்லை, பதிலாக, கிரிப்டான் ($_{36}Kr$) பேரியம் ($_{56}Ba$) இவற்றுடன் கணிசமான ஆற்றலும் பெறப்பட்டது.

ஒரு பளுவான தனிமம் இரண்டு அல்லது இரண்டிற்கு மேற் பட்ட இலேசான தனிமங்களாகப் பிளவுபெறுவதே அணுக்கருப் பிளவை எனப்படும்.

அணுக்கருப் பிளவையில் பேரியமும் கிரிப்டானும்தான் கிடைக்கும் என்பது நிச்சயமில்லை. இவற்றுக்குப் பதிலாக வேறு பல இலேசான தனிமங்கள் கிடைக்கலாம். 34 முதல் 58 வரை யிலான அணு எண்களை உடைய ஐசடோப்புகள் அணுக்கருப் பிளவையில் பெறப்படலாம். பிளவைத் துண்டுகளின் மொத்த நிறையானது பிளவைக்கு முன்னிருந்த மொத்த நிறையைவிடக் குறைவாக இருப்பது தெரிய வந்தது. இந்த நிறை இழப்பு ஆற்றலாக மாற்றப்பட்டுக் கதிர் வீசப்படுகிறது என்பதையும் அறிவியலார் கண்டனர். ஐன்ஸ்டைனின் நிறை ஆற்றல் இணை மாற்றுத் தத்துவத்திற்கேற்ப (Principle of Mass-Energy Equivalence), அணுக்கருப் பிளவையிலிருந்து பெறப்படும் ஆற்றல் மிகக் கணிசமானதாகும்.

5. 4. 3. தொடர் வினை (Chain Reaction)



படம் 5-8
தொடர் வினை

யுரேனியத்திற்கு இயற்கையாகவே இரண்டு ஐசடோப் புகள் உள்ளன. இவை $_{92}U^{238}$ மற்றும் $_{92}U^{235}$ என்பன;

இவை 140:1 என்ற விகிதத்தில் கலந்துள்ளன. இவற்றில் இலேசானது U^{235} ஆகும். இலேசான யுரேனிய ஐசடோப்புமீது குறைவேக நியூட்ரான் மோதினால் அது எளிதில் பிளக்கப்படு கிறது. இப்பிளவையின் போது ஒருசில நியூட்ரான்களும் வெளி யிடப்படுகின்றன. இப்படி வெளியேறும் நியூட்ரான்கள் வேறு சில U^{235} அணுக்கருக்களைப் பிளக்கின்றன. இப்படி வரிசை யாக அணுக்கருப் பிளவைகள் தொடர்ந்து நிகழ்தல் தொடர் வினை எனப்படும். தொடர்வினை தற்சார்பு உடையது; புறத் தூண்டுதல் அல்லது ஆற்றல் தேவையில்லை. தொடர் வினை யானது படம் 5-8-ல் விளக்கப்படுகிறது. தொடர்வினையானது கட்டுப்பாடின்றி நிகழ்ந்தால் மிக அதிக எண்ணிக்கையான பிள வைகள் ஏற்பட்டு மிக அதிகமான ஆற்றல் வெளியிடப்படுகிறது.

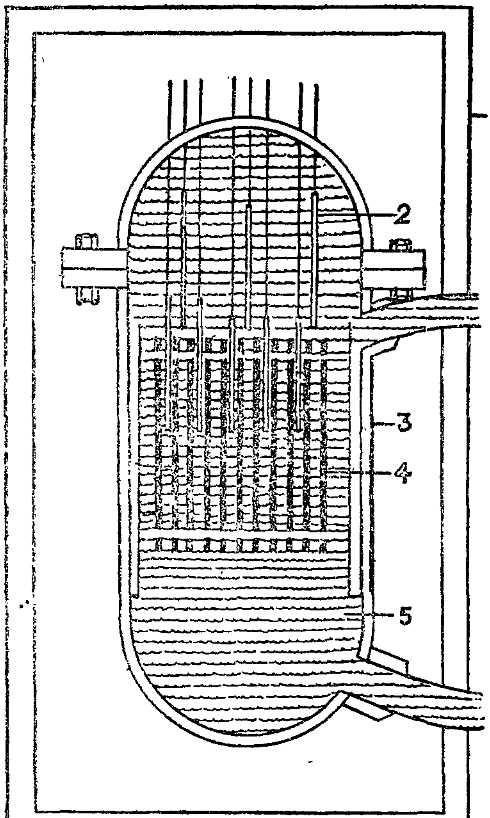
ஒவ்வொரு பிளவைக்குப் பின்னும் நிகரத்தில் ஒரு நியூட் ரானாவது கிடைத்தால் யுரேனியக் கட்டியில் தொடர்வினை தற்சார்புடன் நிகழும். ஒரு பிளவையில் விளையும் நியூட்ரான் களில் ஒருசில தப்பியோடிவிடலாம்; மிச்சமுள்ள நியூட்ரான்கள் தொடர் வினைக்குதவுகின்றன. யுரேனியக் கட்டிக்கு ஒரு குறிப் பிட்ட சிறும அளவு பருமனாவது இருந்தால்தான் மேற்கண்ட வாறு தொடர்வினை நிகழ்த்துவதற்கு நியூட்ரான்கள் கிடைக்கும். இக்குறிப்பிட்ட பருமன், மாறுநிலைப் பருமன் (Critical Size) எனப்படும். இதைவிடக் குறைவான பருமனிருப்பின் தொடர்வினை நிகழாது.

5.4.4. அணு உலை (Nuclear Reactor)

அணு சக்தியை கட்டுப்பாடான முறையில் உற்பத்தி செய்வ தற்கு அணு உலை உதவுகிறது. பிளவையின்போது வெளியேறும் நியூட்ரான்களின் வேகத்தைத் தணிப்பான்கள் (Moderators) மட்டுப்படுத்துகின்றன. ${}_{92}U^{235}$ அணுக்களைப் பிளப்பதில், குறைவேக நியூட்ரான்கள் (Slow Neutrons) — அதிவேக நியூட்ரான்களைவிட—அதிகத் திறமையுடையவை. பகுதி 5.4.1-ல் சொல்லப்பட்டுள்ள காரணங்களால், நீரில் உள்ள ஹைட்ர ஜன் நல்ல தணிப்பானாகும். சில சமயங்களில், ஒரு ஹைட்ரஜன் ஒரு நியூட்ரானைக் கவர்ந்து கொண்டு ஒரு டியூடிரானாக மாற லாம்; இதனால் நியூட்ரான் இழப்பு ஏற்படுகிறது. இதைக் தவிர்ப் பதற்கு,கன ஹைட்ரஜன் உள்ள கன நீர் (Heavy Water - D_2O) தணிப்பானாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

அணு உலையில், சில நேரங்களில், தொடர்வினை மிக வேகமாக நிகழ்ந்து உலை வெடிக்கக் கூடும். இப்படி விபத்து

நேராமல் தடுக்க வேண்டும். இதற்கென உலையினுள், காட்மியம் கழிகள் (Cadmuim Rods) செருகி வைக்கப்படுகின்றன. காட்மியம், நியூட்ரான்களைக் கவரும் தன்மையுடையது. காட்மியம் கழிகளை உலையினுள் அதிகமாக நுழைத்தால்



படம் 5-9
அணு உலை

அவை நியூட்ரான்களைக் கவர்ந்து கொள்ளும்; தொடர்வினையின் வேகம் மட்டுப்பட்டு விபத்து தவிர்க்கப்படும். தொடர்வினையின் வேகம் மிகவும் குறைந்துவிட்டால், காட்மியக் கழிகளை வெளியே இழுத்து, தொடர்வினையின் வேகத்தை தேவைக்கேற்ப அதிகரிக்கலாம்.

ஓர் அணு உலையின் மாதிரிப் படம் 5-9 ஆகும். உலையினுள் உண்டாகும் வெப்ப ஆற்றலை வெளியே கொண்டுவந்து தேவையான இடத்தில் பயன்படுத்த வேண்டும். இப்படி உலையைக் குளிர்விப்பதற்குத் தணிப்பானையே பயன்படுத்தலாம்.

அணு உலையில் உண்டாகும் துகள்கள் கதிரியக்கமுடையவை. எனவே உலையிலிருந்து கதிர்வீச்சு மிக அதிகமாக வீசும். இக்கதிர் வீச்சுகளைக் தடுக்கும் பாதுகாப்பாக உலையைச் சுற்றிலும் காரீயச் சுவர்களும் கான்க்ரீட் சுவர்களும் கட்டப்படுகின்றன.

அணு உலையில் உண்டாகும் வெப்ப ஆற்றலைப் பயன்படுத்தி மின்னாற்றல் பெறப்படுகிறது. அத்துடன் வேறுசில பயன்களும் பெறப்படுகின்றன. அணு உலையிலிருந்து கிடைக்க கூடிய நியூட்ரான்களைக் கொண்டு, நியூட்ரான் விளிம்பு விளைவு பற்றிய சோதனைகள் நடத்தலாம். அணு உலையில் ரேடியோ - ஐசடோப்புகள் தயாரிக்கப்படுகின்றன. தாயணுக்கள் (Parent Atoms) அணு உலையினுள் வைக்கப்படுகின்றன. இவற்றை நியூட்ரான்கள் தாக்குவதால் சேயணுக்கள் (Daughter Atoms) — ரேடியோ-ஐசடோப்புகள் — கிடைக்கின்றன.

சில உலைகள் செயல்படும்பொழுது தங்களுக்குத் தேவையான எரிபொருளை (Fuel)யும் தயாரித்துக் கொள்கின்றன. இவைகள் உற்பத்தி உலைகள் (Breeder Reactors) எனப்படுகின்றன.

இந்தியாவில் பம்பாய்க்கு அருகிலுள்ள டிராம்பேயில் முதன் முதலாக அணு உலை நிறுவப்பட்டது. இதன் பெயர் அப்சரா. டிராம்பேயில் மற்றோர் ஆராய்ச்சி அணு உலை உள்ளது. இது கனடா — இந்தியா உலை (Canada — India Reactor — CIRUS) எனப்படும். மாமல்லபுரத்திற்கு அருகே கல்பாக்கத்தில் இரண்டு அணு உலைகள் கட்டப்பட்டு வருகின்றன. இவை மின்னாற்றலை உற்பத்தி செய்யக் கூடியன. கல்பாக்கத்திலேயே ஓர் உற்பத்தி உலையும் கட்டப்பட்டு வருகிறது.

5.4.5. அணுக்கரு இணைவு (Nuclear Fusion)

அணுக்கருக்கள் ஒன்று சேர்வதால் புதிய அணுக்கரு தோன்றுகிறது; இதனை அணுக்கரு இணைவு என்பர். அணுக்கரு இணைவிலும் மிக அதிகமான ஆற்றல் வெளியாகிறது. சூரியனிலும் மற்ற விண்மீன்களிலும் ஆற்றல் உற்பத்தியாவதை, பெதே (Bethe) 1938-ல் விளக்கினார். இதற்கென அவர் கூறிய சமன்பாடுகளாவன:

$$_1H^1 + {_6C^{12}} \longrightarrow {_7N^{13*}} \longrightarrow {_6C^{13}} + {_1e^0}$$

$$_6C^{13} + {_1H^1} \longrightarrow {_7N^{14}}$$

$$_7N^{14} + {_1H^1} \longrightarrow {_8O^{15*}} \longrightarrow {_7N^{15}} + {_1e^0}$$

$$_7N^{15} + {_1H^1} \longrightarrow {_6C^{12}} + {_2He^4}$$

இச்சமன்பாடுகளைக் கார்பன்—நைட்ரஜன் சுற்று (Carbon - nitrogen cycle) என்பர். இதனில், நான்கு புரோட்டான்கள் கவரப்பட்டு ஒரு ஹீலியம் அணுக்கரு உருவாகிறது. நான்கு புரோட்டான்களின் மொத்த நிறைக்கும் ஒரு ஹீலியம் கருவின் நிறைக்குமுள்ள வேறுபாடு ஆற்றலாக மாற்றப்படுகிறது.

நான்கு புரோட்டான்கள் நேரடியாகவே சேர்வதாலும் ஹீலியம் உருவாகலாம் என்றும் கூறப்படுகிறது.

$$_1H^1 + {_1H^1} \longrightarrow {_1H^2} + {_1e^0}$$

$$_1H^1 + {_1H^2} \longrightarrow {_2He^3}$$

$$_2He^3 + {_2He^3} \longrightarrow {_2He^4} + 2\ {_1H^1}$$

அல்லது

$$_2He^3 + {_1H^2} \longrightarrow {_2He^4} + {_1H^1}$$

இந்த விளைவுகள் நிகழ்வதற்கு மீஉயர்வான வெப்பநிலை தேவை. அதாவது, அணுக்கருக்கள் இணைந்து புதிய அணுக்கரு உருவாவதற்கு மீஉயர்வான வெப்பநிலை தேவை.

அணுக்கரு இணைவு (Nuclear fusion) முறையில் ஆற்றல் உற்பத்தி செய்வதற்கான பல ஆராய்ச்சிகள் நடந்து கொண்டிருக்கின்றன. இந்த முறையிலும் மிக அதிகமான ஆற்றலைப் பெறலாம். அணுக்கரு பிளவை உலைகளில் ஏராளமான கதிர்வீச்சு நிகழ்கின்றது. ஆனால், அணுக்கரு

இணையில் ஆபத்து விளைவிக்கக் கூடிய கதிர்வீச்சுகள் இல்லை. இது விரும்பத்தக்கதே.

5.5. காஸ்மிக் கதிர்களும் அடிப்படைத் துகள்களும்

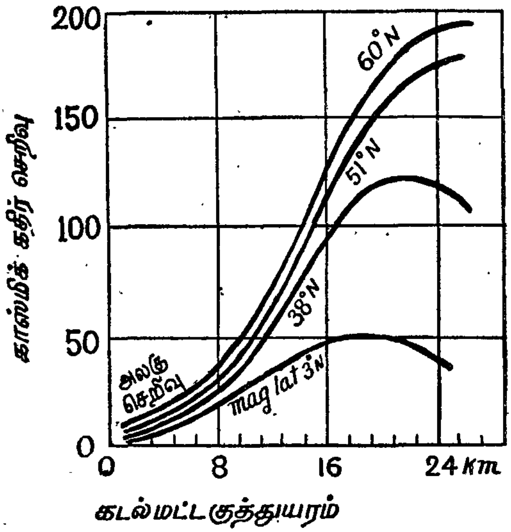
5.5.1. காஸ்மிக் கதிர்கள் கண்டுபிடிப்பு

மின்னூட்டம் பெற்ற தங்க இலை மின்காட்டி சிறிது நேரத்தில் மெல்ல மின்னிறக்கிவிடும்; மிக நல்ல முறையில் மின் காப்பு இருந்தாலும் அது மின்னிறக்கம் செய்யும். இந்த உண்மை நெடுங்காலத்திற்கு முன்னரே அறியப்பட்டது. 1896-ல் பெக்குரல் கதிரியக்கத்தைக் கண்டுபிடித்த பின்னர், தங்க இலை மின்காட்டி மின்னிறக்கம் செய்வதற்கு விளக்கம் பெற முயற்சிகள் நடந்தன. 'பூமியில் உள்ள கதிரியக்கத் தனிமங்கள் கதிர் வீசுகின்றன. இக்கதிர்வீச்சுகள் காற்றில் அயனியாக்கம் செய்கின்றன. இந்த அயனியாக்கம் காரணமாக மின்காட்டி மின்னிறக்குகிறது' எனக் கருதப்பட்டது. ருதர்ஃபோர்டும், கூக் என்பாரும் மின்காட்டியை மிகத் தடித்த சுவர்களையுடைய அறையில் வைத்தாலும், மின்காட்டியின் மின்னிறக்கு வேகம் மாறவில்லை என்பதைக் கண்டனர். 1911-ல் ஹெஸ் (Hess) பலூன்களைக் கொண்டு சோதனை செய்தார். பலூனில் மின்காட்டி வைக்கப்பட்டு சுமார் 8 கிமீ உயரத்திற்கு அனுப்பப்பட்டது. பூமியிலிருந்து வரும் கதிர் வீச்சுகளோ மின்காட்டியானது மின்னிறக்குதற்குக் காரணமெனில், 8 கி மீ உயரத்தில் மின்னிறக்கு வேகம் குறையவேண்டுமென எதிர் பார்க்கப்பட்டது. ஆனால் உயரே செல்லச் செல்ல, மின்னிறக்கு வேகம் அதிகமாகியது! எனவே, பேரண்டத்திலிருந்து (Cosmos) அயனியாக்கும் கதிர்வீச்சுகள் பூமிக்கு வந்து சேர்கின்றன என்று முடிவு செய்தனர். இக்கதிர் வீச்சுகளுக்கு காஸ்மிக் கதிர்கள் எனப் பெயரிட்டனர். இந்த கண்டுபிடிப்புக்காக, ஹெஸ் 1936-ல் நோபல் பரிசு பெற்றார்.

பின்னர், மில்லிகனும் அவர் சகாக்களும் காஸ்மிக் கதிர்களை ஆராய்ந்தனர். புவிமீது வெவ்வேறு இடங்களில் வெவ்வேறு உயரங்களிலும், வெவ்வேறு அட்சங்களிலும் சோதனைகள் நடத்தினர். இந்த ஆராய்ச்சிகளில் சில மதுரையிலும் கோடைக் கானலிலும் நிகழ்த்தப்பட்டதாகத் தெரிகிறது.

5.5.2. காஸ்மிக் கதிர்களின் பண்புகள்

(i) குத்துயர விளைவு (Altitude Effect): எந்த ஓர் இடத்திலும், உயரம் அதிகரிக்கும் பொழுது காஸ்மிக் கதிர்களின் செறிவு அதிகரித்து பெருமத்தை அடைகிறது; பின்னர் குறைகிறது. படம் 5-10 காண்க. இதனின்றும் காஸ்மிக்கதிர்கள் இரண்டு வகைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டன. புவிக்கு அப்பாலிருந்து புவியை வந்தடையும் காஸ்மிக் கதிர்கள்



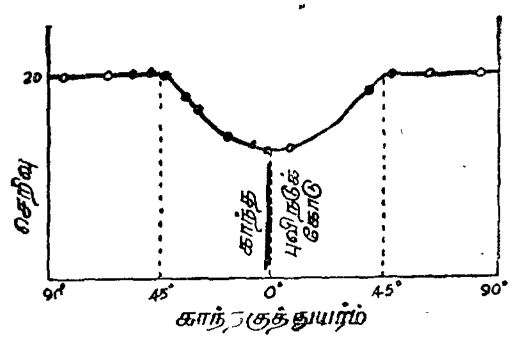
படம் 5-10

குத்துயர விளைவு

ஒரு வகை; இவை முதன்மைக் காஸ்மிக் கதிர்கள் (Primary Cosmic Rays) எனப்படும். முதன்மைக் கதிர்கள் வளிமண்டலத்தில் தோற்றுவிக்கும்; இரண்டாம் நிலைக் காஸ்மிக் கதிர்கள் (Secondary Cosmic Rays) மற்றொரு வகையாகும்.

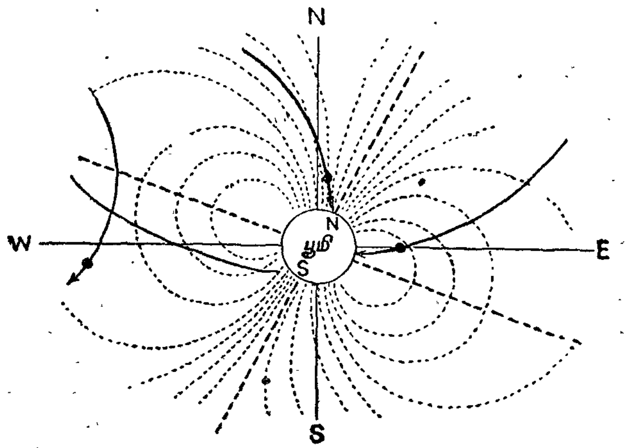
(ii) அட்சக் கோட்டு விளைவு (Latitude Effect): துருவங்களிலிருந்து 40° அட்சம் வரை காஸ்மிக் கதிர்களின் செறிவு மாறவில்லை; ஆனால் இச்செறிவு 40° அட்சத்திலிருந்து குறையத் தொடங்கி புவிநடுக் கோட்டில் சிறுமமாகிறது.

(படம் 5-11). புவி நடுக்கோட்டுப் பகுதியில் காஸ்மிக் கதிர்களின் செறிவுக் குறைவு புவியின் காந்தப் புலம் காரணமாக



படம் 5-11
அட்சக்கோட்டு விளைவு

ஏற்படுகின்றது என்று விளக்கப்பட்டுள்ளது. படம் 5-12ஐக் கவனிக்க. துருவங்களை நெருங்குகின்ற மின்னூட்டம் பெற்ற



படம் 5-12
மின்னூட்டத் துகள்கள்மீது செயல்படும் விசை

துகள்கள் புவிகாந்தப் புலத்திற்கு ஏறத்தாழ இணையாக வருகின்றன; எனவே அவை மீது எந்த விசையும் செயல்பட

வில்லை. ஆனால் புவி நடுக்கோட்டினை நெருங்குகின்ற துகள்கள் புவிகாந்தப் புலத்திற்குக் குத்தாக வருவதால் அவை மீது விலக்குவிசை செயல்படுகிறது. அதிகமான திசை வேகத்துடன் நெருங்குகின்ற துகள்கள் மட்டுமே புவிநடுக் கோட்டினை அடைய இயலும்; மெதுவாக நெருங்குகின்ற துகள்கள் விலக்கமடைந்து மீண்டும் வானுக்குச் செல்கின்றன.

காஸ்மிக் கதிர்களில் உள்ள மீஉயர்வான ஆற்றலுடைய துகள்கள் பல அணுக்கரு வினைகளைத் தூண்டிவிட இயலும். காஸ்மிக் கதிர்கள் ஏழை ஆராய்ச்சியாளனுக்கு உதவும் துகள் முடுக்கிகள் என்றும் கூறலாம். காஸ்மிக் கதிர்களைப் பற்றிய ஆராய்ச்சிகளிலிருந்து பாசிட்ரான், மெசான்கள் மற்றும் பல துகள்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன.

நிறையை ஆற்றலாக மாற்றலாம் என்பதற்கு அணுக்கருப் பிளவை நிகழ்வு சான்றாகும். ஆற்றலும் நிறையாக மாறலாம் என்பதற்கான சான்றினை காஸ்மிக் கதிர்கள் ஆராய்ச்சிகள் தந்துள்ளன. ஓர் அணுக்கருவின் புலத்தில் நுழையும் காமாக்கதிர் ஃபோட்டான் ஒன்று எலக்ட்ரான் - பாசிட்ரான் சோடியாக மாறுகிறது. இந்த நிகழ்வை ஆண்டர்சனும், பிளாக்கெட்டும் தங்களது சோதனைகளில் கண்டறிந்தனர்.

5.5.3. அடிப்படைத் துகள்கள் (Elementary Particles)

எவ்வெத் துகள்கள் சேர்ந்து பருப்பொருள் உருவாகிறதோ அத்துகள்கள் அடிப்படைத் துகள்கள் எனப்படும். எலக்ட்ரான்கள், புரோட்டான்கள் முதலியன தனிமங்களை உருவாக்குகின்றன என்றறிந்த இயற்பியலாளர் வேறு துகள்கள் உள்ளனவா எனத் தேடத்துவங்கினர்.

1932-ல் நியூட்ரான்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டபின், அடிப் படைத் துகள்களின் பட்டியலில் எலக்ட்ரான்கள், புரோட்டான்கள், நியூட்ரான்கள் மற்றும் ஃபோட்டான்கள் என நான்கிருந்தன. இவற்றில் முதல் மூன்றும் எல்லாத் தனிமங்களின் கட்டமைப்பிலும் இடம் பெறுகின்றன. கிளர்ச்சியுற்ற அணு ஒன்று குறைவான ஆற்றல் மட்டத்திற்குத் திரும்பும் பொழுது ஃபோட்டான்களை வீசுகிறது.

1932-ல் ஆண்டர்சன் பாசிட்ரான் எனும் துகளைக் கண்டு பிடித்தார். பாசிட்ரான் நேர்மின்னூட்டம் கொண்டுரும்

பதைத் தவிர மற்றெல்லா வகைகளிலும் எலக்ட்ரானை ஒத்திருக்கிறது. தூண்டப்பட்ட கதிரியக்கத்தை உடைய தனிமங்கள் சிதையும் பொழுது (β^+சிதைவு) பாசிட்ரான்களை வீசுகின்றன. பாசிட்ரானை ஓர் எதிர்த்துகள் (Antiparticle) என்று சொல்வர். பாசிட்ரானும் எலக்ட்ரானும் சந்தித்தால் அவை ஒன்றையொன்று அழித்துக்கொள்ளும்; இதனால் ஒரு காமாக்கதிர் ஃபோட்டான் தோன்றும். அதாவது, நிறைமறைந்து ஆற்றல் தோன்றுகிறது. ஆன்ட்டி புரோட்டான் (Antiproton) என்றொரு துகளும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது. ஆன்ட்டி புரோட்டான் எதிர் மின்னூட்டம் உடையது. மற்றெல்லா வகையிலும் புரோட்டானை ஒத்திருக்கிறது.

அணுக் கருவினுள் மிகச்சிறிய இடத்தில் பல புரோட்டான்கள் மிக நெருக்கமாக உள்ளன; ஆதலால் அதனுள் மிக் வலிமையான விலக்கு விசைகள் செயல்படும்; எனினும் அணுக்கரு நிலைப்பாடு உடையது. இந்த முரண்பாட்டை விளக்குவதற்காக π-மிசான்கள், (அல்லது பையான்கள்) என்ற துகள்கள் இருக்கலாம் என யுகாவா (Yukawa) முன்னுரைத்தார். π மிசான்கள் மின்நடுநிலையுடனிருக்கலாம்; அல்லது அவை எலக்ட்ரானுக்குச் சமமான எதிர்மின்னூட்டமோ நேர்மின்னூட்டமோ உடையனவாகலாம். π-மிசான்களின் நிறை எலக்ட்ரானின் நிறையைப்போல சுமார் 275 மடங்குகளாக இருக்கலாம். அணுக்கருவிற்கு வெளியே, π-மிசான் சிதைகிறது; சிதைவதால், μ-மிசான் என்ற துகளும் (அல்லது மியூவான்) நியூட்ரினோவும் தோன்றுகின்றன என்று அறியப்பட்டுள்ளது. நியூட்ரினோ என்பது மின்நடுநிலையுடைய மிக இலேசான துகளாகும். காஸ்மிக் கதிர்களிலும் μ-மிசான்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. கதிரியக்கத் தனிமங்களின் β-சிதைவிலும் நியூட்ரினோக்கள் விடுவிக்கப்படுகின்றன. மேலும், பல பளுவான துகள்களும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றை அதிசயத் துகள்கள் (Strange Particles) என்பர். ஆக, 30-க்கும் மேற்பட்ட அடிப்படைத் துகள்கள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன.

இந்த அடிப்படைத் துகள்களுக்கும் அடிப்படையாக வேறு துகள்கள் இருக்கக்கூடுமா? இருக்கின்றனவா? என்ற ஆராய்ச்சி பல ஆய்வுக் கூடங்களில் நடைபெறுகிறது.

கேள்விகள்

1. தாம்சன் அணுமாதிரிப் படிவம் என்பதை விளக்குக.
2. தாம்சன் அணுமாதிரிப் படிவம் ஏன் ஏற்கப்படவில்லை?

3. ருதர்ஃபோர்டு அணுமாதிரிப் படிவம் என்பதை விளக்கி அதன் குறைகளைக் கூறுக.

4. நீல்ஸ் போர் எடுகோள்கள் யாவை?

5. ஹைடிரஜன் நிறமாலையை எவ்வாறு விளக்கலாம்?

6. அலை எண் என்பது என்ன?

7. ரிட்பர்க் மாறிலி என்பது என்ன?

8. ஹைட்ரஜன் நிறமாலை வரிசைகளை விளக்குக.

9. போர் கொள்கை வெற்றியடைந்ததாக எவ்வாறு கொள்ளலாம்?

10. பௌலி தவிர்க்கைத் தத்துவம் என்பது என்ன?

11. முதன்மைக் குவான்டம் எண் என்பதை வரையறு.

12. குறிப்பிட்ட முதன்மைக் குவான்டம் எண்ணுக்கு கோண உந்தக் குவான்டம் எண்ணின் மதிப்புகள் எவ்வாறு இருக்கலாம்?

13. தற்சுழற்சி குவான்டம் எண் என்பதை விளக்குக.

14. K - கூட்டில் எத்தனை எலக்ட்ரான்கள் இருக்க இயலும்? ஏன்?

15. L, M, கூடுகளில் எத்தனை எலக்ட்ரான்கள் இருக்க இயலும்?

16. கூடுகளில் உள்ள எலக்ட்ரான்கள் எண்ணிக்கைக்கும் தனிம அட்டவணை வரிசைக்கும் உள்ள தொடர்பினை விளக்குக.

17. எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டம்- நிறை தகவினை தாம்சன் முறையில் எவ்வாறு காணலாம்?

18. எலக்ட்ரானின் மின்னூட்டத்தின் மதிப்பைக் காணும் மில்லிகன் சோதனையை விளக்குக.

19. பருப்பொருளுக்கு அலைப் பண்பும் இருக்க வேண்டுமென டி. பிராலி கருதக் காரணமென்ன?

20. செகண்டு 1க்கு 725 கி.மீ. என்ற வேகத்தில் செல்லும் எலக்ட்ரானின் அலை நீளம் எவ்வளவு இருக்கும்?

21. எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி என்பது என்ன?

22. தன்னிச்சையான அணுமாற்றம் என்பது என்ன?

23. அணு மாற்றம் குறித்த ருதர்ஃபோர்டு சோதனையை விளக்குக.

24. துகள் முடுக்கிகளின் பயன் என்ன?

25. நேர்ப் போக்கு முடுக்கி செயல்படும் முறையை விளக்குக.

26. சைக்ளோட்ரான் செயல்படும் முறையை விளக்குக.

27. சிங்க்ரோ சைக்ளோட்ரான் என்பது என்ன?

28. செயற்கைக் கதிரியக்கம் என்பது என்ன?

29. செயற்கைக் கதிரியக்கத்தில் தனிமங்கள் எவ்வகைகளில் சிதைவுறுகின்றன?

30. செயற்கைக் கதிரியக்கத்தின் பயன்கள் யாவை?

31. நியூட்ரான்களின் பண்புகள் யாவை?

32. நியூட்ரான் யாரால், எவ்வாறு கண்டுபிடிக்கப்பட்டது?

33. நியூட்ரான்கள் எவ்வாறு கண்டுணரப்படுகின்றன?

34. அணுக் கருப் பிளவை என்பது என்ன?

35. அணுக்கருப் பிளவையில் ஆற்றல் தோன்றுவது எவ்வாறு?

36. 'தொடர்வினை' என்பதை விளக்குக.

37. அணு உலை என்பது என்ன?

38. அணு உலைகள் எதற்குப் பயன்படுகின்றன?

39. நமது நாட்டில் அணு உலைகள் எங்கெங்கு உள்ளன?

40. அணுக்கரு இணைவு என்றால் என்ன?

41. அணுக்கரு இணைவில் எவ்வாறு ஆற்றல் தோன்றுகின்றது?

42. காஸ்மிக் கதிர்கள் என்பன யாவை?

43. காஸ்மிக் கதிர்களின் குத்துயர விளைவு என்பது என்ன?

44. காஸ்மிக் கதிர்களின் அட்சக் கோட்டு விளைவு என்பது என்ன?

45. காஸ்மிக் கதிர்கள் எவ்வாறு சோதனைகளுக்குப் பயன்படுகின்றன?

46. அடிப்படைத் துகள்கள் என்பன யாவை?

47. நீ அறிந்த அடிப்படைத் துகள்களை வரிசைப்படுத்திக் கூறுக.

6. எலக்ட்ரானியல்

அறிமுகம்

மின்காந்த அலைகளை வெளி (space) யிடத்தில் பரவச் செய்ய இயலும்; அவற்றை உணரவும் இயலும் என்பதை 1888-ல் ஹெர்ட்சு கண்டறிந்தார். இதுவே எலக்ட்ரானியல் துறையின் தோற்றம். பின்னர் 1903-ல் வெற்றிடக் குழாய் டையோடுகளை ஃபிளெமிங்கும் 1906-ல் படிக உணர்விகளை (Crystal Detectors) பிச்சர்டும் கண்டனர். 1907-ல் டீ ஃபாரஸ்ட் அமைத்த வெற்றிடக்குழாய் டிரையோடு ஒரு விந்தை. இந்தக் கண்டுபிடிப்புகள் எலக்ட்ரானியல் வேகமாக வளர வழி வகுத்தன. பல மின்வாய்க் குழாய்கள் அமைக்கப்பட்ட பின்னர் சைகைகளை அனுப்புவதும் ஏற்பதும் செவ்வையுற்றன.

1948-ல் ஒரு புதிய திருப்பம் ஏற்பட்டது; டிரான்ஸிஸ்டர்களை பார்டீன் கண்டமைத்தார்; ஷாக்லி P - N சந்திகளைப் பற்றிய கொள்கை விளக்கங்கள் தந்தார். இதன் பின் எலக்ட்ரானியல் மாபெரும் முன்னேற்றம் கண்டு, இன்றும் வளர்கிறது.

சைகைகள், வெளியிடத்தின் வழியாக, மின்காந்த அலைகளாகச் செலுத்தப்படுகின்றன. இந்த அலைகள் ஒளியின் திசை வேகத்துடன் செல்கின்றன. அலையின் அதிர்வெண் f ஹெர்ட்ஸ், அதன் அலை நீளம் λ மீட்டர், ஒளியின் திசை வேகம் c மீட்டர் செக. எனில்,

$$f = \frac{c}{\lambda}$$ என்றறிவோம்.

ஒரு மின்கடத்திக்கு மாறுதிசை மின்னழுத்தம் செலுத்தப்பட்டால், அதன் சுற்றுப் புறத்தில் மாறுதிசை மின்புலங்களும் மாறுதிசை காந்தப்புலங்களும் தோன்றித் தோன்றி மறைகின்றன. இதனால் மின்காந்த அலைகள் உண்டாகி, அவை வெளியில் ஒளியின் திசை வேகத்துடன் எல்லாத் திசைகளிலும் பரவுகின்றன.

பரவுகின்ற அலையின் ஆற்றல் அதன் அதிர்வெண்ணின் வர்க்கத்திற்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது. வெளியிடம் வழியே அலை பரவும்பொழுது அதன் ஆற்றல் செலவாகிறது; இதற்குக் காரணம் உட்கவர்தல், சிதறல் முதலியனவாம். செவியுணர் அதிர்வெண் (AF) மின்காந்த அலைகளின் ஆற்றலும் குறைவு தான்; ஆகையால் அது வெளி வழியே நெடுந்தொலைவுக்குப் பரவ இயலாது. எனவே உயர் அதிர்வெண்களில் மின்காந்த அலைகள் (இவை ரேடியோ அலைகள்) செய்தியனுப்பப் பயன் படுகின்றன.

15 ஹெர்ட்ஸ் முதல் 20,000 ஹெர்ட்ஸ் வரையிலான அதிர்வெண்கள் செவியுணர் (AF) அதிர்வெண்களாகும். ரேடியோ அதிர்வெண்களைப் பின்வருமாறு வகைப்படுத்தலாம்:

1. 30 kHz முதல் 300 kHz வரை—தாழ் அதிர்வெண்
2. 300 kHz முதல் 3000 kHz (3MHz) வரை—நடுத்தர அதிர்வெண்
3. 3 kHz முதல் 30 kHz வரை—உயர் அதிர்வெண்
4. 30 MHz முதல் 300 MHz வரை—மீஉயர் அதிர்வெண் (VHF)
5. 300 MHz முதல் 3000 MHz வரை—மீமீஉயர் அதிர்வெண் (UHF)
6. 3000 MHz முதல் 30,000 MHz வரை-மைக்ரோ அலைகள்

6.1. வெற்றிடக் குழாய்களும் டிரான்சிஸ்டர்களும்

6.1.1. வெற்றிடக் குழாய்கள் (Vacuum Tubes)

வெப்ப அயனி உமிழ்வு (Thermionic Emission): ஒரு பருப்பொருளின் மின்கடத்து திறன் அதனில் அடங்கிய கட்டற்ற எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையைச் சார்ந்தது. கட்டற்ற எலக்ட்ரான்கள் கடத்தியினுள்ளே திரிகின்றன. ஆனால் கடத்தியை விட்டு வெளியேறுவதற்குத் தேவையான

ஆற்றல் அவற்றிற்கில்லை, வெளியேற முயற்சித்தால் கடத்தியின் தளத்தில் ஏற்படும் ஈர்ப்பு அதனைத் தடுத்து நிறுத்திவிடும்.

கடத்தியைச் சூடாக்கினால் எலக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றல் உயர்கிறது; உயர்வெப்ப நிலைகளில் மிகப் பல எலக்ட்ரான்கள் தளத்தின் ஈர்ப்பை விஞ்சிக் கடத்தியிலிருந்து வெளியேறுகின்றன. வெளியேறும் எலக்ட்ரான்கள் கடத்தியைச் சூழ்ந்திருக்கும்.

வெப்பத்தால் எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுவதால், இந்த நிகழ்வை வெப்ப அயனி உமிழ்வு என்பர். கடத்தியை விட்டு நீங்குவதற்குத் தேவையான ஆற்றலை வெளியேற்று ஆற்றல் (Work Function) என்பர். வெளியேற்று ஆற்றல் வெவ்வேறு கடத்திப் பொருளுக்கு வெவ்வேறு மதிப்புடையதாகும்.

எலக்ட்ரான்கள் மிகு எண்ணிக்கையில் தேவைப்படும்பொழுது அவை வெப்ப அயனி உமிழ்வினாலேயே பெறப்படுகின்றன. எலக்ட்ரான்களை உமிழும் கடத்திகளை உமிழ்ப்பான்கள் எனலாம். வெப்ப அயனி உமிழ்ப்பான்களைப் பின்வருமாறு வகைப் படுத்தலாம்:

(1) தூய உலோகங்கள்: தூய டங்ஸ்டனை (உருகு நிலை 3500 K) சுமார் 2300 K வெப்ப நிலைக்கு உயர்த்தினால் அது எலக்ட்ரான்களை உமிழும்.

(2) தோரிய-டங்ஸ்டனை 1800 K-க்கு சூடாக்கினால் அது எலக்ட்ரான்களை நிறைய உமிழும்.

தூய டங்ஸ்டனுக்கு வெளியேற்று ஆற்றல் 3·6 அலகுகள்; ஆனால் தோரிய - டங்ஸ்டனுக்கு 2·5 அலகுகள் தான்.

(3) ஆக்சைடு பூச்சு உடைய டங்ஸ்டன்: டங்ஸ்டன் இழைமீது பேரியம் அல்லது ஸ்ட்ரான்ஷியம் ஆக்சைடு பூசப்படுகிறது. இது 1000 K-க்கு சூடேறினாலே போதுமான எலக்ட்ரான்களை உமிழும்.

வெற்றிடக் குழாய்களில் கேதோடுகளாக அயனி உமிழ்ப்பான்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஆனோடுக்கு அளிக்கின்ற மின்னழுத்தத்திற்குத் தகுந்தவாறு உமிழ்ப்பான்கள் பின் சொல்லியவாறு தேர்ந்தெடுக்கப்படுகின்றன:

மின்னழுத்தம்	உமிழ்ப்பான்
5000 *V*-ஐ விட அதிகம்	தூய டங்ஸ்டன்
1000 *V* முதல் 5000 *V* வரை	தோரிய-டங்ஸ்டன் மின்னிழை
1000 *V*-ஐ விடக் குறைவு	ஆக்சைடு பூசிய டங்ஸ்டன்

வெற்றிடக் குழாயில் ஏற்படும் வெப்ப அயனி மின்னோட்டமானது மின்னிழையின் புறப்பரப்புக்கு நேர்விகிதத்திலும், அதுவே தனி வெப்ப நிலையின் இருமடிக்கு நேர் விகிதத்திலும் உள்ளது. மேலும் ஆனோடுக்குச் செலுத்தப்படுகின்ற மின்னழுத்தம் உயர்ந்தால் மின்னோட்டமும் உயர்கிறது.

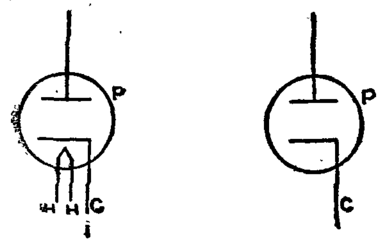
வெற்றிடக் குழாயின் ஒரு முக்கிய மின்வாய், கேதோடு ஆகும். இது இரு வகைகளில் அமைக்கப்படலாம்: (1) நேரடிச் சூடேறு கேதோடு (2) மறைமுகச் சூடேறு கேதோடு.

நேரடிச் சூடேறு கேதோடு: டங்ஸ்டன் மின்னிழை வழியே மின்னோட்டம் பாய்ந்து மின்னிழை சூடேறுகிறது; இதனால் எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுகின்றன.

மறைமுகச் சூடேறு கேதோடு: டங்ஸ்டன் இழையைச் சுற்றி நிக்கல் உருளை உள்ளது; உருளைமீது பேரியம் அல்லது தோரியம் ஆக்சைடு பூச்சு உண்டு. மின்னிழைக்கும் நிக்கல் உருளைக்கும் இடையே வெப்பங் கடத்தும் மின்கடத்தாப் பொருள் உள்ளது. மின்னிழை வழியே மின்னோட்டம் பாய அது சூடேறுகிறது; எனவே உருளையும் சூடேறி எலக்ட்ரான்களை உமிழ்கிறது. (மின்னிழை எலக்ட்ரான்களை உமிழ்வதில்லை.)

வெற்றிடக் குழாய் டையோடுகள்: ஒரு டையோடு வால்வில் இரண்டு மின்வாய்கள் உள்ளன. (1) **கேதோடு** (நேரடிச் சூடேறு வகையாகவோ அல்லது மறைமுகச் சூடேறுவகையாகவோ இருக்கலாம்.) (2) **ஆனோடு.**

வெற்றிடக் குழாய் டையோடுக்கான இடுகுறிகள் பின் வருமாறு;



P : ஆனோடு (தகடு)
C : கேதோடு
H : சூடேற்றும் மின்னிழை.

படம் 6-1
டையோடு
(a) மறைமுக சூடேறுவகை (b) நேரடிச் சூடேறுவகை

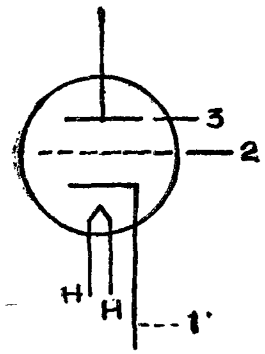
டையோடுகளைப்பற்றி முன்னரே விரிவாகக் கற்றிருக்கிறோம். இங்கு டிரையோடுகளைப் பற்றிக் கற்போம். அவை பெருக்கிகள், அலையியற்றிகள் முதலியவற்றில் எவ்வாறு செயல்படுகின்றன எனப் பார்ப்போம்.

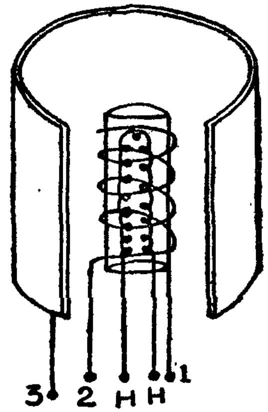
6.1.2. டிரையோடு

கண்ணாடிக்குழாயினுள் மூன்று மின்வாய்கள் உள்ளன. இவை 1. கேதோடு, 2. கிரிடு மற்றும், 3. ஆனோடு (அல்லது தகடு) என்பனவாம். கண்ணாடிக் குழாயின் உள்ளே வெற்றிடமாக்கப்பட்டுள்ளது. இது டிரையோடு ஆகும் (படம் 6-2). டையோடைப் போல்வே டிரையோடிலும் நேரடிச் சூடேறு கேதோடோ அல்லது மறைமுகச் சூடேறு கேதோடோ இருக்கலாம். நிக்கல் கம்பியாலான வலை அல்லது சுருள்வில் கேதோடைச் சூழ்ந்துள்ளது; இதுவே கிரிடு. கிரிடுக்கு அடுத்து நிக்கல் ஆனோடு உள்ளது.

டிரையோடின் செயல்பாடு : கேதோடு சாதாரணமாக சுழி அல்லது எதிர்மின்னழுத்தம் பெறும்; கேதோடுடன் ஒப்பிட, ஆனோடு நேர்மின்னழுத்தம் பெறட்டும். கேதோடினால் உமிழப்படும் எலக்ட்ரான்கள் ஆனோடை நோக்கி ஈர்க்கப்படுகின்றன; எனவே, ஆனோடு சுற்றில் மின்னோட்டம் பாய்கிறது. ஆனோடைவிடக் கிரிடானது கேதோடுக்கு அருகாமையில்

உள்ளது; ஆகையால் எலக்ட்ரான்கள் ஓட்டத்தை கிரிடு அதிகமாகக் கட்டுப்படுத்த இயலும். கிரிடுக்கு அதிகமான எதிர் மின்னழுத்தம் கொடுத்தால், எலக்ட்ரான்கள்—இவை எதிர்





1. கேதோடு 2. கிரிட்
3. ஆனோடு (தகடு)
H. சூடேற்றும் மின்னிழை

படம் 6-2

டிரையோடு

மின்னூட்டம் உடையனவல்லவா?—மீது அதிகமான எதிர்ப்பு விசை செயல்படுகிறது. எனவே எலக்ட்ரான்கள் கிரிடைத் தாண்டி ஆனோடுக்குச் செல்ல இயலுவதில்லை. அப்பொழுது ஆனோடு மின்னோட்டம் சுழியாகும். கிரிடின் மின்னழுத்தத்தை எதிர்மதிப்பிலிருந்து சிறிது சிறிதாக உயர்த்தினால், ஆனோடு மின்னோட்டமும் உயர்ந்து, இறுதியில் தெவிட்டு மதிப்பை அடைகிறது.

அலைவு மின்னழுத்தம் (a. c. மின்னழுத்தம்) கிரிடுக்கும் கேதோடுக்கும் இடையே செலுத்தப்பட்டால் ஆனோடு மின்னோட்டமும் அலைவுக்குட்படும்.

கேதோடிலிருந்து ஆனோடுக்கு எலக்ட்ரான்கள் பாய்கின்றன. இதற்கு எதிர்த்திசையில் — அதாவது ஆனோடிலிருந்து கேதோடுக்கு மரபு மின்னோட்டம் பாய்கிறது என நினைவில் இருத்துக.

டிரையோடின் நிலைச்சிறப்பு வரைகள்

கேதோடின் வெப்பநிலை மாறாதிருக்கும்பொழுது ஆனோடு மின்னோட்டமானது இரண்டு காரணிகளைச் சார்ந்துள்ளது: (1) ஆனோடு மின்னழுத்தம் மற்றும் (2) கிரிடு மின்னழுத்தம். கிரிடு மின்னழுத்தத்தை நிலைப்படுத்தி, ஆனோடு மின்னழுத்தத்தை உயர்த்தினால் ஆனோடு மின்னோட்டமும் உயர்கிறது. கிரிடு மின்னழுத்தம் மாறாமல் உள்ளபொழுது, ஆனோடு மின்னழுத்தத்திற்கும், ஆனோடு மின்னோட்டத்திற்குமான உறவைக்காட்டும் வரைகள் நிலைச்சிறப்பு வரைகள் அல்லது ஆனோடு சிறப்பு வரைகள் எனப்படும் (படம் 6 - 4).

ஆனோடு மின்னழுத்தம் மாறாதபொழுது கிரிடு மின்னழுத்தத்திற்கும் ஆனோடு மின்னோட்டத்திற்குமான உறவைக் காட்டும் சிறப்பு வரைகள் பரிமாற்றுச் சிறப்பு வரைகள் எனப் படும் (படம் 6-5).

டிரையோடு வால்வினுடைய மாறிலிகள்

ஒரு டிரையோடின் மாறிலிகளாவன: 1. ஆனோடு மின்தடை, 2. பெருக்கு எண் மற்றும் 3. பரிமாற்றுக் கடத்துதிறன்.

1. மாறாத கிரிடு மின்னழுத்தத்தில், ஆனோடு மின்னழுத்த மாறுபாட்டிற்கும் அதனால் விளையும் ஆனோடு மின்னோட்ட மாறுபாட்டிற்கும் உள்ள விகிதமே ஆனோடு மின்தடை எனப்படும்.

$$R_p = \left[\frac{dV_p}{dI_p}\right]_{V_g} \text{ ஓம்.}$$

ஆனோடு மின்தடையை அளக்கும் அளகு 'ஓம்' ஆகும்.

2. கிரிடு மின்னழுத்தம் மாறாதிருக்க, குறிப்பிட்ட ஆனோடு மின்னோட்ட மாற்றத்தை ஏற்படுத்தும் ஆனோடு மின்னழுத்த மாற்றத்திற்கும், ஆனோடு மின்னழுத்தம் மாறாதிருக்க, மேற்சொன்ன அளவு ஆனோடு மின்னோட்ட மாற்றத்தையே ஏற்படுத்தும் கிரிடு மின்னழுத்த மாற்றத்திற்கும் உள்ள விகிதம் பெருக்கு எண் எனப்படும்.

$$\text{பெருக்கு எண்} = \mu = \left[\frac{dV_p}{dV_g}\right]$$

பெருக்கு எண்ணுக்குப் பரிமாணம் இல்லை; அது இரண்டு மின்னழுத்த மாற்றங்களின் விகிதம் என்பதால் வெறும் எண் தான்.

3. ஆனோடு மின்னழுத்தம் மாறாமலிருக்க, ஆனோடு மின்னோட்ட மாற்றத்திற்கும் கிரிடு மின்னழுத்த மாற்றத்திற்கும் உள்ள விகிதம் பரிமாற்றுக் கடத்து திறன் ஆகும்.

$$\text{பரிமாற்றுக் கடத்துதிறன்} = g_m = \left(\frac{dI_p}{dV_g}\right)_{V_p}$$

கடத்துதிறன் என்பது மின்தடையின் தலைகீழி ஆகும். எனவே பரிமாற்றுக் கடத்துதிறன், 'மோ' (mho) என்ற அலகினால் அளக்கப்படுகிறது.

R_p, μ மற்றும் g_m இவற்றிடையே உள்ள தொடர்பு பின் வருமாறு:—

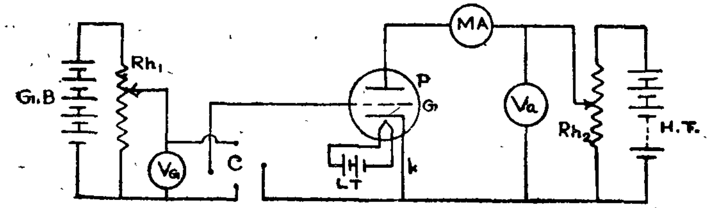
$$\mu = \frac{dV_p}{dV_g} = \left(\frac{dV_p}{dI_p}\right) \left(\frac{dI_p}{dV_g}\right) = R_p\, g_m$$

பெருக்கு எண் = ஆனோடு மின்தடை × பரிமாற்றுக் கடத்துதிறன்.

வால்வுடன் பளு மின்தடை எதுவும் இணையாதபொழுது வால்விலிருந்து திறன் பெறப்படவில்லை. வால்வு திறனை வெளியிடாத பெறப்படுகின்ற சிறப்புவரைகளே நிலையியச் சிறப்பு வரைகள் (Static Characteristics) எனப்படுகின்றன.

டிரையோடினுடைய நிலையியச் சிறப்பு வரைகளைப் பெற உதவும் சுற்று, படம் 6-3ல் காணப்படுகிறது. வால்வினுடைய மின்னிழையுடன் 6·3 V உடைய தாழ் மின்னழுத்தமூலம் இணைகிறது. ஆனோடு மின்னழுத்தத்தை அளக்க V_p பயன் படுகிறது. ஆனோடு மின்னழுத்தம் குறிப்பிட்ட மதிப்பில் - எடுத்துக் காட்டாக 80 வோல்ட் - மாறாதிருக்குமாறு Rh_2 என்ற மின்தடையைச் சீரமைக்க. திசைமாற்றியைத் தகுந்த திசையில் வைத்து கிரிடுக்கு எதிர் மின்னழுத்தம் செலுத்துக. கிரிடு மின்னழுத்தத்தை V_g அளக்கும். கிரிடு மின்னழுத்தம் (எடுத்துக் காட்டாக) 8 வோல்ட் இருக்குமாறு, மின்தடை மாற்றி Rh_1 - ஐச் சீரமைக்க. மில்லி அம்மீட்டர் காட்டும் ஆனோடு மின்னோட்டத்தைக் குறித்துக் கொள்க.

கிரிடு மின்னழுத்தத்தை —6V, —4V, —2V —1V எனப் படிப்படியாக உயர்த்துக. இவற்றுக்கேற்ற ஆனோடு மின் னோட்டத்தை அளக்க. கிரிடு மின்னழுத்தத்தைச் சுழியாக்கி,



படம் 6-3

டிரையோடு சிறப்பு வரைகளுக்கான சுற்று

G. B.	கிரிடு மின்னழுத்த பேட்டரி	H. T.	உயர் மின்னழுத்த பேட்டரி 300V
L. T.	தாழ்மின்னழுத்த பேட்டரி 6·3V	V_a.	உயர்நெடுக்க வோல்ட் மீட்டர் O-300V
V_G.	வோல்ட் மீட்டர் O-10 V		
C.	திசைமாற்றி	K.	கேதோடு
Rh_1, Rh_2.	மின்தடை மாற்றிகள்	P.	தகடு (ஆனோடு)
MA.	மில்லி அம்மீட்டர்	G.	கிரிட்

அப்பொழுதுள்ள ஆனோடு மின்னோட்டத்தை அளக்க. கிரிட் நேர் மின்னழுத்தம் பெறுமாறு திசைமாற்றியைப் பொறுத்துக. கிரிட் மின்னழுத்தம் +1V, +2V ... என்றாகுமாறு சீரமைத்து இவற்றுக்கேற்ற ஆனோடு மின்னோட்டங்களை அளக்க.

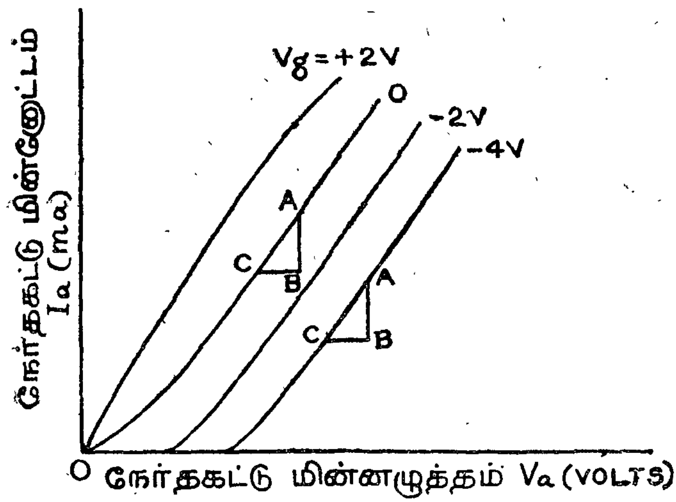
ஆனோடு மின்னழுத்தத்தையும் படிப்படியாக 100V, 120V, 140V 200V என்றாகுமாறு மாற்றியமைத்து ஒவ்வொருபடியிலும் சோதனையை மீண்டும் செய்க. அளவீடு களை அடுத்த பக்கத்தில் குறிப்பிட்டுள்ளவாறு அட்டவணைப் படுத்துக.

இந்த அளவீடுகளைக் கொண்டு நிலையிய சிறப்பு வரைகளை வரையலாம். ஆனோடு சிறப்பு வரைகள் படம் 6-4-ல் காணப் படுகின்றன.

(1) ஆனோடு மின்தடை $R_p = \left(\frac{dV_p}{dI_p}\right)_{V_g} = \frac{BC}{AB}$

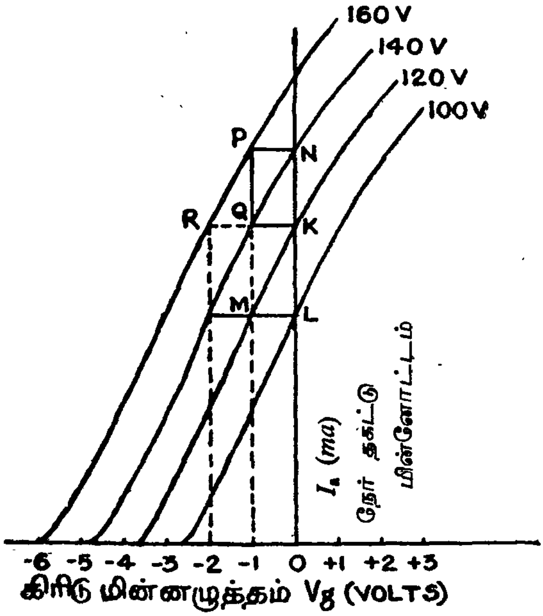
= { ஆனோடு சிறப்பு வரையின் வாட்டத்தின் தலைகீழி

கிரிடு மின்னழுத்தம் V_g வோல்ட்	வெவ்வேறு ஆனோடு மின்னழுத்தங்களுக்கான ஆனோடு மின்னோட்டம் I_p					
	V_p = 80V	100V	120V	140V	160V	180V.
—8						
—6						
—4						
—2						
0						
1						
2						
3						



படம் 6-4
ஆனோடு சிறப்பு வரைகள்

(2) **பெருக்கு எண் μ:** படம் 6-5 காண்க. கிரிட் மின்னழுத்தம் சுழியாக உள்ளபொழுது, ஆனோடு மின்னழுத்தம்



படம் 6-5

பரிமாற்றுச் சிறப்பு வரைகள்

100V-லிருந்து *120-V*க்கு மாற — அதாவது, மாற்றம் *20V*- ஆனோடு மின்னோட்டமானது *KL* என்ற அளவு மாறுகிறது. இதே அளவு மின்னோட்ட மாற்றமானது, ஆனோடு மின்னழுத் தம் *120V*-ல் நிலையாக இருக்கும் பொழுது, கிரிட் மின்னழுத் தம் — *1 V*-லிருந்து சுழியாகும் பொழுதும் ஏற்படுகிறது. எனவே பெருக்கு எண்,

$$\mu = \frac{dV_p}{dV_g} = \frac{20}{1} = 20$$

(3) **பரிமாற்றுக் கடத்து திறன்:** படம் 6-5ல்

$$g_m = \frac{PQ}{QR} = \text{பரிமாற்றச் சிறப்பு வரையின் வாட்டம்.}$$

6.1.3. டிரான்சிஸ்டர்கள்

குறைக் கடத்திகள், P மற்றும் N வகைக் குறைக் கடத்திகள் மற்றும் குறைக்கடத்தி டையோடுகள் பற்றி முன்னரே கற்றிருக்கிறோம். தற்பொழுது டிரான்சிஸ்டர்களைப் பற்றிக் கற்போம்.

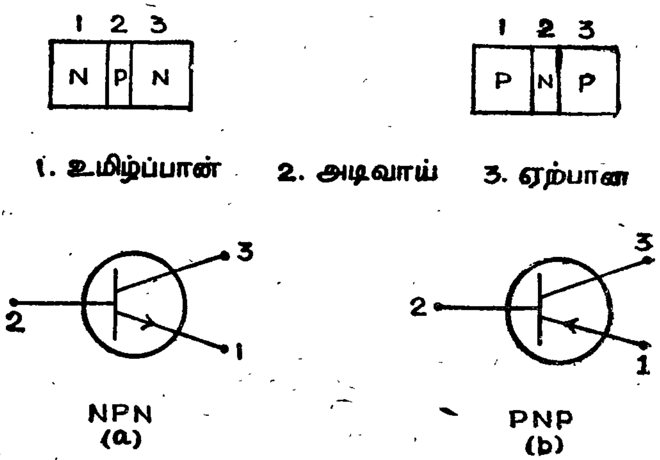
ஜெர்மானியமும் சிலிகானும் டிரான்சிஸ்டர்களில் பெரும் பாலும் பயன்படும் தனிமங்கள் ஆகும்; இத்தனிமங்கள் ஒவ் வொன்றும் நான்கு இணைதிறன் உடையவை. பாஸ்பரம், ஆர்சனிக் அல்லது ஆண்டிமனி தனிமங்களின் இணைதிறன் ஐந்து ஆகும். ஜெர்மானியத்துடன் பாஸ்வரத்தை $10^6 : 1$ என்ற விகிதத்தில் கலப்படம் செய்தால் N-வகைக் குறைகடத்தி பெறப் படுகிறது. N-வகைக் குறைக்கடத்தியில் எலக்ட்ரான்களே பெரும்பான்மையான மின்னூட்டக்கடத்திகளாகும். மின் துளைகள் சிறுபான்மைக் கடத்திகளே.

ஜெர்மானியத்துடன், இணைதிறன் மூன்று உடைய தனி மத்தை எடுத்துக் காட்டாக, இண்டியம் - கலப்பதாகக் கொள் வோம். அப்பொழுது P-வகைக் குறைக் கடத்தி பெறப்படு கிறது. P-வகையில், மின்துளைகள் பெரும்பான்மையான மின்னூட்டக் கடத்திகளாம்; எலக்ட்ரான்கள் சிறுபான்மைக் கடத்திகள்.

சந்தி டையோடுகள் இரண்டு சேர்ந்த அமைப்பு சந்தி டிரான் சிஸ்டர் (Junction Transistor) ஆகும். N-வகைக் குறைக் கடத்திகள் இரண்டிற்கு இடையே P - வகையைச் சேர்ந்த மெல்லிய குறைக்கடத்தி வைக்கப்பட்டு N-P-N டிரான்சிஸ்டர் பெறப்படுகிறது. [படம் 6-6a]. P - வகைக் குறைக் கடத்திகள் இரண்டிற்கு இடையே N - வகை மெல்லிய குறைக் கடத்தி வைக்கப்பட்டு P-N-P டிரான்சிஸ்டர் பெறப் படுகிறது [படம் 6-6b]. நடுவிலுள்ள குறைக் கடத்தி அடி வாய்' (Base) எனப்படும். அடிவாயின் அகலம் 0.025 மிமீ அளவிற்கு மெல்லியதாகும். டிரான்சிஸ்டரில் மற்ற இரண்டு குறைக் கடத்திகளில் ஒன்றை 'உமிழ்ப்பான்' (Emitter) என்றும் மற்றதை 'ஏற்பான்' (Collector) என்றும் கூறுவர்.

வெற்றிடக் குழாயிலுள்ள கேதோடு எலக்ட்ரான்களை உமிழ்வது போலவே, டிரான்சிஸ்டரில் உமிழ்ப்பானும் எலக்ட்

ரான்களை உமிழ்கிறது; அடிவாயை கிரிடுக்கும், ஏற்பானை ஆனோடுக்கும் ஒப்பிடலாம்.

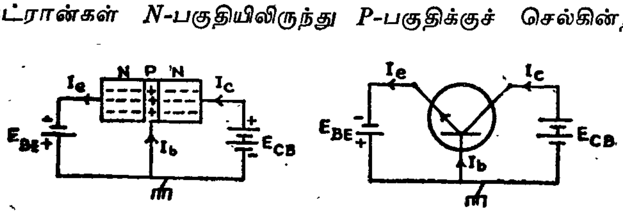


படம் 6-6

சந்தி டிரான்சிஸ்டர்

1. உமிழ்ப்பான் 2. அடிவாய் 3. ஏற்பான்

டிரான்சிஸ்டர் ஒன்றின் செயல்பாட்டினைப் படம் 6-7ன் துணையுடன் விளங்கிக் கொள்ளலாம். படம் 6-7ல் *N-P-N* டிரான்சிஸ்டர் ஒன்றின் உமிழ் சந்திக்கு E_{BE} என்ற *d-c* பேட்டரி முன்னோக்குச் சார்பு அளிக்கிறது. E_{CB} என்ற *d-c* பேட்டரி ஏற்பு சந்திக்கு திருப்புச் சார்பு அளிக்கிறது. *NP* என்ற உமிழ் சந்திக்கு அளிக்கப்பட்ட முன்னோக்கு சார்பின் காரணமாக, எலக்ட்ரான்கள் *N*-பகுதியிலிருந்து *P*-பகுதிக்குச் செல்கின்றன;



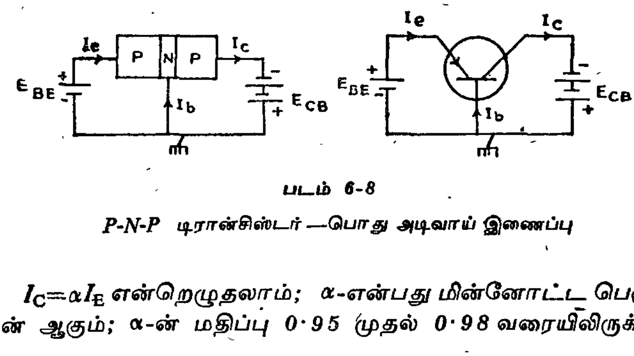
படம் 6-7

(N-P-N) டிரான்சிஸ்டர்—பொது அடிவாய் இணைப்பு

மின்துளைகள் *P*-பகுதியிலிருந்து *N* - பகுதிக்குச் செல்லுகின்றன. *N*-பகுதியில் எலக்ட்ரான்களின் அடர்த்தி அதிகம்; இது *P*-

பகுதியிலுள்ள மின்துளைகளின் அடர்த்தியைவிட உபரியாகவே உள்ளது. ஆகையால் NP சந்திப் பகுதியில் ஒரு சில எலக்ட்ரான்களே மின்துளைகளுடன் சேர்ந்து சமனமாகும். அதிக எண்ணிக்கையில் எலக்ட்ரான் மிச்சமுள்ளன; இவை அடிவாயினுள் செல்கின்றன. அடிவாயில் எலக்ட்ரான்கள் சிறுபான்மையானவை. இவ்வாறு சிறுபான்மை மின்னூட்டந் தாங்கிகள் அடிவாயினுள் புகுத்தப்படுகின்றன.

P-பகுதியில் புகுத்தப்பட்ட எலக்ட்ரான்கள் ஏற்பு சந்தியை நோக்கி விரவுகின்றன. அடிவாய் மிக மெல்லியதாதலால் பெரும்பான்மையான எலக்ட்ரான்கள் ஏற்பு சந்திக்கு வந்து சேர்கின்றன ஒரு சிலவே மின்துளைகளுடன் சேர்ந்து விடுகின்றன. ஏற்பு சந்தியில் E_{CB} என்ற மின்னழுத்தம் செலுத்தப்பட்டுள்ளது; எனவே எலக்ட்ரான்கள் முடுக்கம் பெற்று, ஏற்பான் பகுதியை மிகச் சீக்கிரமாகக் கடந்துவிடுகின்றன. ஏற்பானில் பாயும் மின்னோட்டம் I_C என்பது உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டத்திற்கு ஏறத்தாழ சமமாக இருக்கும்.



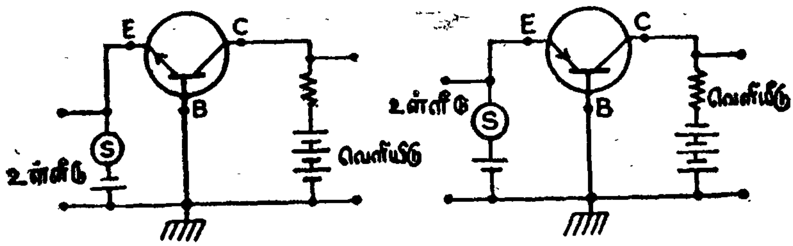
படம் 6-8

P-N-P டிரான்சிஸ்டர் —பொது அடிவாய் இணைப்பு

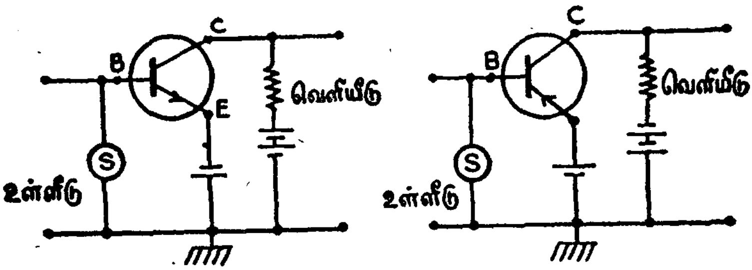
$I_C = \alpha I_E$ என்றெழுதலாம்; α-என்பது மின்னோட்ட பெருக்கு திறன் ஆகும்; α-ன் மதிப்பு 0·95 முதல் 0·98 வரையிலிருக்கும்.

P-N-P டிரான்சிஸ்டரின் செயல்பாடு *N-P-N* டிரான்சிஸ்டரின் செயல்பாட்டினை ஒத்திருக்கிறது.

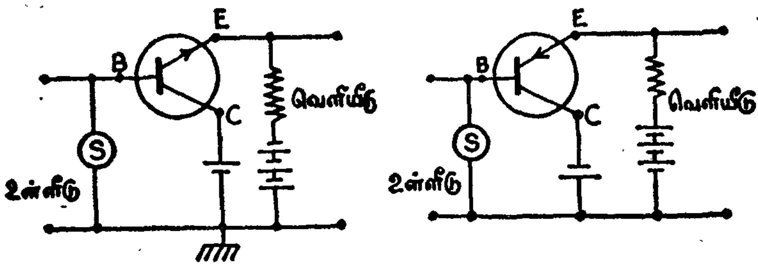
டிரான்சிஸ்டர் ஒன்றை மின்சுற்றுக்களில் மூன்று முறைகளில் இணைக்கலாம். அவையாவன (i) பொது அடிவாய் முறை (Common base mode), (ii) பொது உமிழ்ப்பான் முறை (Common emiter mode), (iii) பொது ஏற்பான் முறை (Common collector mode). அதற்கேற்ப டிரான்சிஸ்டர் மின் சுற்றுக்களும் (i) பொது அடிவாய்ச் சுற்று (ii) பொது உமிழ்ப்பான் சுற்று மற்றும் (iii) பொது ஏற்பான்



n.p.n (a) பொது அடிவாய் சுற்று p.n.p



n.p.n (b) பொது உமிழ்ப்பான் சுற்று p.n.p



n.p.n (c) பொது ஏற்பான் சுற்று p.n.p

படம் 6–9

டிரான்சிஸ்டர் — இணைப்பு முறைகள்

சுற்று என மூவகைப்படுகின்றன. பொது என்னும் அடைமொழி யானது மின்சுற்றின் உள்ளீடு (input) மற்றும் வெளியீடு (output) களுக்குப் பொதுவாக அமையும் மின்வாயைக் குறிப்ப தாகும். அதாவது, பொது அடிவாய்ச் சுற்றில் அடிவாயானது உள்ளீட்டிற்கும் வெளியீட்டிற்கும் பொதுவாக அமையும். டிரான்சிஸ்டர் ஒன்று பொது அடிவாய் முறையில் இணைக்கப் பட்டிருப்பதை படம் 6-9 (a)ல் காணலாம். படம் 6-9 (b), 6-9 (c) ஆகியவை முறையே பொது உமிழ்ப்பான் மற்றும் பொது ஏற்பான் சுற்றுக்களைக் குறிக்கின்றன.

பொது அடிவாய் சுற்றுகளைவிடப் பொது உமிழ்ப்பான் சுற்றுகளே பெரும்பாலும் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. ஏனெனில், பொது உமிழ்ப்பான் சுற்றுகளுக்கு மிக அதிகமான உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பு (Input Impedance) உண்டு; அத்துடன் அவற்றில் மின்னோட்டப் பெருக்கம், திறன் பெருக் கம் இரண்டும் அதிக அளவில் கிடைக்கின்றன.

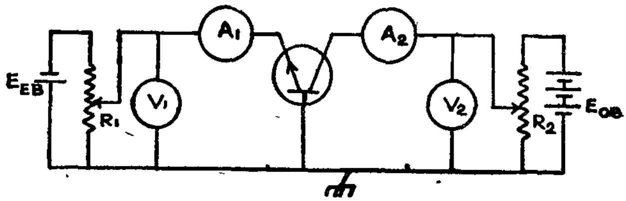
பொது ஏற்பான் சுற்றுகளில் குறைந்த அளவிற்கே திறன் பெருக்கம் கிடைக்கும். ஆனால், இவற்றில் உயர்ந்த அளவு உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பும், குறைந்த அளவு வெளியீடு மின் னெதிர்ப்பும் உண்டு.

டிரான்சிஸ்டர் ஒன்றின் நிலைச் சிறப்பு வரைகள்: டிரான் சிஸ்டர் சுற்றுகளின் திறனாய்வுக்கு அவற்றின் நிலைச்சிறப்பு வரைகள் உதவும். டிரான்சிஸ்டரின் மின்வாய்களுக்குச் செலுத்தப்படும் மின்னழுத்தங்களுக்கும், அதனில் பாய்கின்ற மின் னோட்டங்களுக்கும் உள்ள தொடர்புகளை நிலைச் சிறப்பு வரைகள் காட்டுகின்றன.

பொது அடிவாய் இணைப்பு உடைய டிரான்சிஸ்டரின் நிலைச் சிறப்பு வரைகளைப் பெறுவதற்கு படம் 6-10ல் காணப்படும் சுற்று பயன்படும். இச்சுற்றில் ஒரு *N-P-N* டிரான்சிஸ்டர் சோதனைக்குட்படுகிறது. இச்சோதனையை இரண்டு பகுதிகளாகச் செய்யலாம்.

(a) உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டத்தை A_1 காட்டும். R_1 என்ற மின்னழுத்தப் பகுப்பானைச் சீரமைத்து, உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டமான I_E-யை 1 மில்லி ஆம்பியரில் நிலைப் படுத்துக. ஏற்பானுக்கும் அடிவாய்க்கும் உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு V_{CB}-யையும் நிலைப்படுத்துக. உமிழ்ப்பான் —

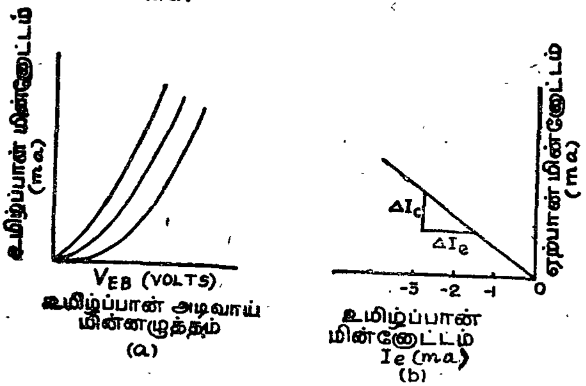
அடிவாய் மின்னழுத்த வேறுபாடு V_{EB}-யையும் ஏற்பான் மின்னோட்டத்தையும் கண்டு குறித்துக் கொள்க. V_{CB}-யைத் தொடர்ந்து நிலையாக வைத்து, உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டம்



படம் 6-10
டிரான்சிஸ்டர் பொது அடிவாய் சிறப்பு வரைகளைப் பெற உதவும் சுற்று
A_1, A_2 மில்லி அம் மீட்டர்கள்
V_1 V_2 = வோல்ட் மீட்டர்கள்
R_1 R_2 = மின்னழுத்தப் பகுப்பான்கள்

I_E-யை மாற்றுக. இதற்கேற்ற V_{EB}-யை அளக்க. வெவ்வேறு மதிப்புகளில் V_{CB}-யை நிலைப்படுத்தி சோதனையை மீண்டும் செய்க.

உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டம் I_E-க்கும் உமிழ்ப்பான்—அடிவாய் மின்னழுத்தம் V_{EB}-க்குமான வரைகோடு வரைக. இவற்றிலிருந்து உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பைக் கணக்கிடலாம். படம் 6-11 காண்க.



படம் 6-11
டிரான்சிஸ்டர்—பொது அடிவாய் சிறப்பு வரைகள்

$$\text{உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பு} = \left(\frac{\Delta V_{EB}}{\Delta I_E}\right)_{V_{CB}}$$

ஏற்பான் மின்னழுத்தம் மாறாதிருக்கும்பொழுது, உமிழ்ப்பானின் மின்னழுத்த மாறுபாட்டிற்கும், உமிழ்ப்பான் மின்னோட்ட மாறுபாட்டிற்கும் உள்ள விகிதம் உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பு எனப்படும்.

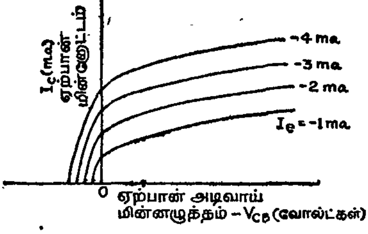
ஏற்பான் — அடிவாய் மின்னழுத்த வேறுபாடு நிலையாக இருக்கும் பொழுது உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டம் I_E-யைப் பொருத்து, ஏற்பான் மின்னோட்டம் I_C மாறும். இந்தத் தொடர்பைக் காட்டுவதே பரிமாற்றுச் சிறப்பு வரைகளாம்.

ஏற்பான்—அடிவாய் மின்னழுத்த வேறுபாடு, V_{CB}, நிலையாக இருக்க ஏற்பான் மின்னோட்ட மாற்றத்திற்கும் உமிழ்ப்பான் மின்னோட்ட மாற்றத்திற்கும் உள்ள விகிதம் மின்னோட்டப் பெருக்குதிறன் (Current Amplification Factor) ஆகும்.

$$\text{மின்னோட்டப் பெருக்கு திறன் } \alpha = \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}\right)_{V_{CB}}$$

$= [I_C—I_E]$ *சிறப்புவரையின் வாட்டம் ஆகும்.*

(b) உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டமான I_E-ஐ 1 மில்லி ஆம்பியரில் நிலைப்படுத்துக. ஏற்பான்— அடிவாய் மின்னழுத்த வேறுபாடு V_{CB}-க்கு வெவ்வேறு மதிப்புகள் தந்து அவற்றிற்கேற்ற ஏற்பான் மின்னோட்டம் I_C-ஐக் காண்க. உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டத்தை 2 மி ஆ, 3 மி ஆ என மாற்றி நிலையாக்கி, சோதனையை மீண்டும் செய்க.



படம் 6-12

ஏற்பான் — அடிவாய் மின்னழுத்த வேறுபாடு V_{CB}

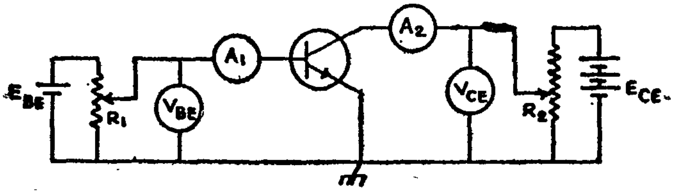
உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டம் மாறாதபொழுது, ஏற்பான் மின்னோட்டமான I_C-ஐ ஏற்பான்-மின்னழுத்த வேறுபாடு

V_{CB}-யின் சார்பாகக் காட்டும் சிறப்புவரையை வரைக. இதனி லிருந்து வெளியீடு மின்னெதிர்ப்பினைக் கணக்கிடலாம்.

$$\text{வெளியீடு மின்னெதிர்ப்பு} = \left(\frac{\Delta V_{CB}}{\Delta I_C}\right)_{I_E}$$

உமிழ்ப்பான் மின்னோட்டம் மாறாமலிருக்கும்பொழுது, ஏற்பான்— அடிவாய் மின்னழுத்த மாறுபாட்டிற்கும் ஏற்பான் மின்னோட்ட மாறுபாட்டிற்கும் உள்ள விகிதம் வெளியீடு மின்னெதிர்ப்பு ஆகும்.

பொது உமிழ்ப்பான் இணைப்புக்கு நிலைச்சிறப்பு வரைகள்: இந்தச் சிறப்பு வரைகளைப் பெற உதவும் சுற்று படம் 6-13-ல் காணப்படுகிறது.



படம் 6-13

பொது உமிழ்ப்பான் இணைப்புச் சிறப்பு வரைகள்

A_1 : மைக்ரோ அம்மீட்டர் R_1, R_2 : மின்தடை மாற்றிகள்

A_2 : மில்லி அம்மீட்டர் V_{BE} : மில்லி வோல்ட் மீட்டர்

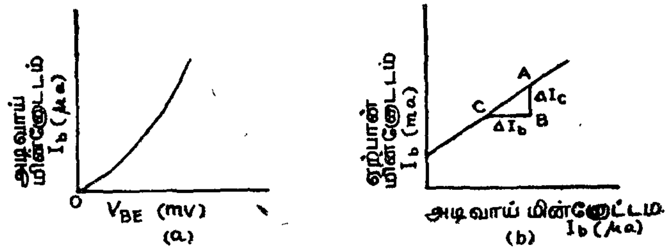
V_{CE} : வோல்ட்மீட்டர். O - 3 V.

(a) அடிவாய் மின்னோட்டத்தை A_1 அளக்கிறது. R_1-ஐச் சீரமைத்து அடிவாய் மின்னோட்டமான I_B-ஐ 50 μA-ல் நிலைப் படுத்துக. ஏற்பான் - உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடான V_{CE}-யின் குறிப்பிட்ட மதிப்புக்கு உரிய ஏற்பான் மின்னோட் டம் I_C-யைச் காண்க. அடிவாய் - உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்தம் V_{BE}-யையும் குறிக்க. V_{CE}-ஐ நிலையாக வைத்து, I_B-ஐ மாற்றுக; இதற்கான I_C மற்றும் V_{BE} மதிப்புகளைக் குறிக்க.

படம் 6 - 14 (a) -ல் அடிவாய் - உமிழ்ப்பான் மின்னழுத்த வேறுபாடு V_{EB}-க்கும், அடிவாய் மின்னோட்டம் I_B-க்கும் உள்ள தொடர்பு காணப்படுகிறது.

ஏற்பான் - அடிவாய் மின்னழுத்தம் மாறாதிருக்கும் பொழுது, ஏற்பான் மின்னோட்டத்திற்கும், அடிவாய் மின்

னோட்டத்திற்குமுள்ள தொடர்பு பரிமாற்றுச் சிறப்புவரை யாகக் காட்டப்படும். இது படம் 6 - 14 (b)-ல் காணப்படு கிறது.



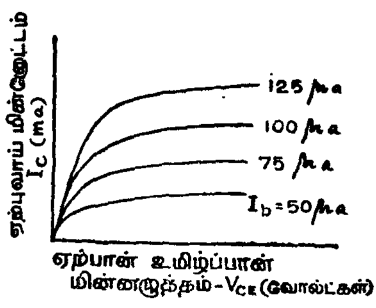
படம் 6-14

(a, b) பொது உமிழ்ப்பான் சிறப்பு வரைகள்

$$\text{உள்ளீடு மின்னெதிர்ப்பு} = \left(\frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}\right)_{V_{CE}}$$

$$\text{மின்னோட்டப் பெருக்குதிறன் } \beta = \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\right)_{V_{CE}}$$

$= (I_C—I_B)$ சிறப்பு வரையின் வாட்டம்.



படம் 6-15

டிரான்சிஸ்டர் பொது உமிழ்ப்பான் சிறப்பு வரைகள்

(b) I_B-ஐ மாறாமலிருத்துக. வெவ்வேறு V_{CB} மதிப்புகளுக் கொத்த ஏற்பான் மின்னோட்டமான I_C-ஐக் காண்க.

பின்னர், I_B-க்கு வேறொரு மதிப்பு தருக; மீண்டும் V_{CE}, I_C மதிப்புகளைக் காண்க.

வெவ்வேறு I_B மதிப்புகளில் $V_{CE} - I_C$ தொடர்பினைக் காட்டும் சிறப்புவரையைப் பெறுக. (படம் 6 - 15). இவற்றிலிருந்து வெளியீடு மின்னெதிர்ப்பு கணக்கிடப்படலாம். அதாவது,

$$\text{வெளியீடு மின்னெதிர்ப்பு} = \left(\frac{\triangle V_{CE}}{\triangle I_C}\right)_{I_B}.$$

6. 2. பெருக்கிகள்

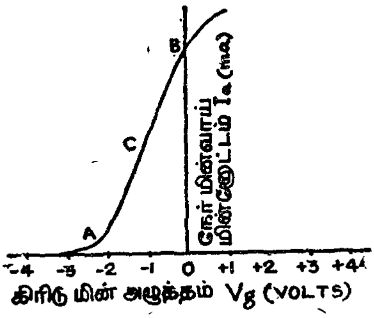
6.2.1. அறிமுகம்

மைக்ராஃபோனிலிருந்து பெறப்படும் சைகை மிகவும் மெலிதானது; எனவே, ஒலிப்பானை இயக்குவது, ரேடியோ அலை பரப்புதலில் ஊர்தி அலைகளைப் பண்பேற்றம் செய்வது போன்ற பிறபயன்களுக்கு இதனைப் பயன்படுத்து முன்னர் இது பெருக்கப்படவேண்டும். இதனைப் பெருக்குவதற்கு டிரையோடு அல்லது பென்டோடு அல்லது டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கும் சாதனமாகப் (Amplifying device) பயன்படுகிறது. பெருக்கும் சாதனத்துடன் சேர்த்து மின்தடைகள், மின்தேக்கிகள், மின்நிலைமங்களும் அமைகின்றன. இத்தனையும் சேர்ந்தது பெருக்கியின் ஓர் அடுக்கு எனப்படும்.

பெருக்கு சாதனமாக டிரையோடு செயல்படுவதைக் கற்போம். பெருக்கப்பட வேண்டிய சைகை மின்னழுத்தம் கிரிடுக்கும் கேதோடுக்கும் இடையில் செலுத்தப்படுகிறது. டிரையோடின் ஆனோடுடன் தொடராக ஒரு மின் தடை அல்லது மின்நிலைமம் இணைக்கப்பட வேண்டும். அப்பொழுது தான், டிரையோடிலிருந்து ஒரு வெளியீடு மின்னழுத்தத்தைப் பெற இயலும்.

டிரையோடின் நிலைச் சிறப்பு வரையை நிர்ணயித்தது போலவே அதன் இயக்கச் சிறப்பு வரையையும் நிர்ணயிக்கலாம். இதற்காக, ஆனோடுடன் தொடராக ஒரு பளுமின் தடை R_L இணைக்கப்படுகிறது. கிரிடு மின்னழுத்த மாற்றத்தைச் சார்ந்து ஆனோடு மின்னழுத்தம் மாறுவது கவனிக்கப்பட்டுட்

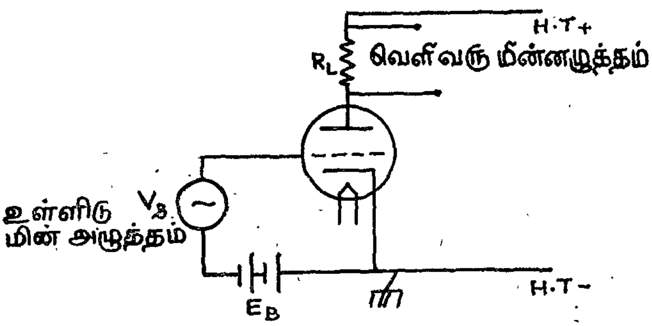
பதியப்படுகிறது. இந்த மாறுபாடுகளுக்கு இடையேயுள்ள தொடர்பு இயக்கச் சிறப்பு வரையாகும். இது வால்வின் செயல்திறனைக் காட்டுவதாகும். படம் 6-16-ல் காணப் படும் *ACB* இயக்கச் சிறப்பு வரையாகும்.



படம் 6-16

டிரையோடு இயக்கச் சிறப்பு வரை

இயக்கச் சிறப்பு வரையில் கீழ்ப்பகுதியில் ஒரு வளைவு *A*-யும், மேல் பகுதியில் மற்றொரு வளைவு *B*-ம் உள்ளன. *A*-க்கும் *B*-க்கும் இடையிலுள்ள பகுதி நேர்கோடாகும்.

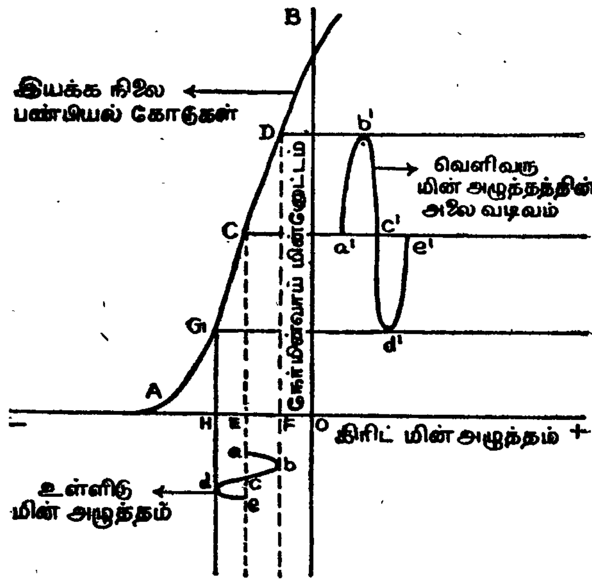


படம் 6-17

பெருக்கியாகச் செயல்படும் டிரையோடு சுற்று

பெருக்கியாகச் செயல்படும் டிரையோடு சுற்று படம் 6-17-ல் காணப்படுகிறது. E_B என்பது கிரிடுக்குத் தேவை யான சார்பு மின்னழுத்தத்தைத் தரும் பேட்டரியாகும்.

இதனால், இயக்கச் சிறப்பு வரையில் நேர்கோட்டுப் பகுதியின் மையப்புள்ளி C-க்கு ஒத்த எதிர்மின்னழுத்தமான V_g கிரிடுக்கு அளிக்கப்படுகிறது. இதன்மீது a-c சைகை மின்னழுத்தம் V_s கிரிடுக்கு செலுத்தப்படுகிறது. இதன் காரணமாக கிரிடின் மின்னழுத்தம் $(V_s—V_g)$க்கும் $(—V_s—V_g)$க்கும் இடையே அலைவுறும்.



படம் 6-18

சைகை பெருக்கப்படும் விதம் — விளக்கம்

படம் 6 - 18 காண்க. சைகையில்லாதபொழுது, ஆனோடு மின்னோட்டம் CE ஆகும். சைகை செலுத்தப்பட கிரிடின் மின்னழுத்தம் $—(V_s — V_g)$க்கு உயர்கிறது; அப்பொழுது மின்னோட்டம் DF ஆகும். கிரிடின் மின்னழுத்தம் $(—V_s—V_g)$க்குக் குறையும் பொழுது, மின்னோட்டம் GH ஆகும். எனவே ஆனோடு மின்னோட்டம் DF-க்கும், GH-க்குமாக அலைவுறுகிறது. G, D, C என்ற புள்ளிகள் வழியாக மூன்று நேர்கோடுகளை X-ஆயத்திற்கு இணையாக வரையலாம். இவற்றிடையே, ஆனோடு மின்னோட்டத்தின் அலைவுகள் காணப்படுகின்றன. இயக்கச் சிறப்புவரையின் AGCDB என்ற பகுதி நேர்கோடாக இருப்பின், ஆனோடு மின்னோட்டத்தின் அலைவுகளும் செலுத்தப்படும் சைகையின் அலைவு

களுடன் முற்றிலும் ஒத்திருக்கும். மேலும், பளுமின்தடை R_L-ன் முனைகளிடையே தோன்றும் மின்னழுத்த வேறுபாட்டின் அலைவுகளும் சைகையின் அலைவுகளுடன் ஒத்திருக்கும். இவ்வாறு செலுத்தப்பட்ட சிறிய மாறுதிசை மின்னோட்டச் சைகையானது பெருக்கப்பட்டு R_L-ன் முனைகளிடையே கிடைக்கிறது.

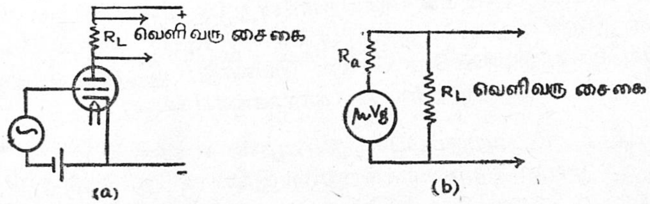
6.2.2. குலைவு (Distortion)

கிரிடுக்குச் செலுத்தப்படும் சைகையின் வீச்சு ஒரு பொழுதும் கிரிடை நேர் மின்னழுத்தம் கொண்டதாகச் செய்யக் கூடாத வகையில் அமைய வேண்டும். சிறிது நேரத்திற்காவது கிரிடு நேர் மின்னழுத்தம் பெற்றாலும் கிரிடினால் எலக்ட்ரான்கள் ஈர்க்கப்பட்டு கிரிடு மின்னோட்டம் ஏற்படும். இதன் காரணமாக வெளியீட்டு அலை வடிவம் குலையும். இக் குலைவு ஏற்படாமல் தடுக்க, செலுத்தப்படும் சைகை மின்னழுத்தத்தின் பெரும எண் மதிப்பு கிரிடின் சார்பு மின்னழுத்தத்தின் எண்மதிப்பைவிடக் குறைவாக இருக்கவேண்டும்.

6.2.3. மின்னழுத்தப் பெருக்குதிறன்

வெற்றிடக் குழாயின் பெருக்கு எண் μ என்க; மற்றும் கிரிடுக்குச் செலுத்தப்படும் மாறுதிசை மின்னழுத்தம் V_g என்க. இதனால் ஆனோடு மின்னோட்டம் மாறுபடும். ஆனோடு மின்னழுத்தத்தை μV_g என்ற அளவுக்கு மாற்றினாலும் மேற் சொன்ன ஆனோடு மின்னோட்ட மாறுபாட்டைப் பெறலாம்.

ஏனெனில், $\dfrac{V_p}{V_g} = \mu$ என்றறிவோம்.



படம் 6-19

(a) வால்வு பெருக்கிச் சுற்று (b) அதன் இணைமாற்று

ஆனோடு மின்னோட்டமானது இரு கூறுகளுடையது; (1) மாறாத நேர்த்திசை மின்னோட்டம், (2) இதன்

மேற்பொருந்திய ஒரு மாறுதிசை மின்னோட்டம். இந்த மாறுதிசை மின்னோட்டக் கூறானது பளுமின்தடை R_L-ன் முனைகளிடையே தோன்றும் வெளியீட்டு மின்னழுத்தமாகும். எனவே விவாதங்களில் நேர் மின்னோட்டக் கூறுகளைப் புறக்கணித்து விடலாம். எனவே டிரையோடு பெருக்கிக்கான இணை மாற்றுச் சுற்றினைப் படம் 6-19 bல் உள்ளது போல் வரையலாம். வால்வு ஓர் இயற்றியாகச் செயல்படுகிறது.

இந்த இயற்றியின் வெளியீட்டின் பெரும மின்னழுத்தம் μV_g மற்றும் இதன் அக மின்தடை R_p, பளுமின்தடை R_L ஆகும். R_p-யும் R_L-ம் தொடராக இருப்பதால், இணை மாற்றுச் சுற்றில் மின்னோட்டம் $= \dfrac{\mu V_g}{R_p+R_L}$ ஆகும்.

ஆகையால் பளுவின் முனைகளிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு

$$= \frac{\mu V_g V_L}{R_p+R_L} \text{ ஆகும்.}$$

வெளியீட்டு மின்னழுத்த மாறுபாட்டிற்கும் உள்ளீடு மின்னழுத்த மாறுபாட்டிற்கும் உள்ள விகிதம், மின்னழுத்த பெருக்குத் திறன் எனப்படும்.

∴ மின்னழுத்தப் பெருக்குதிறன் (Voltage Amplification Factor)

$$= VAF = \frac{\mu V_g R_L}{R_p+R_L} \times \frac{1}{V_g}$$

$$= \frac{\mu R_L}{R_p + R_L}$$

மின்னழுத்தப் பெருக்குதிறனானது பளுமின்தடையை (R_L)ப் பொறுத்து அதிகரிக்கிறது. ஆனால் R_L-ஐ விருப்பம்போல் உயர்த்திக் கொண்டே செல்ல இயலாது; இதற்கு ஓர் உச்ச வரம்பு உண்டு. இதற்கான காரணங்களாவன;

(1) R_L உயரும்பொழுது, அதன் முனைகளிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடும் உயர்கிறது. இதனால் ஆனோடுமீது மின்னழுத்தம் குறைகிறது. இப்படிக் குறையாமலிருக்க வேண்டுமானால் உயர் மின்னழுத்தமூலம் தேவைப்படும்.

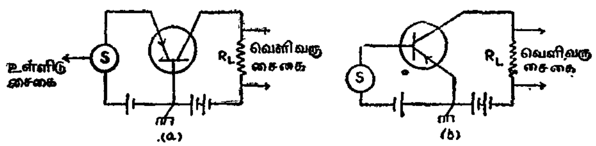
(2) இயக்கச் சிறப்பு வரையின் கீழ்ப்பகுதியில் ஒரு வளைவு உள்ளது. பளுமின்தடை மிக உயர்வானால், கிரிடு மின்னழுத்த

அலைவுகளின்பொழுது கிரிடு மின்னழுத்தமானது நேர் கோட்டுப் பகுதியிலிருந்து வளைந்த பகுதிக்கு அப்பாலும் செல்லலாம். எனவே உருக்குலைவு ஏற்படும்.

6.2.4. டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கிகள்

பொது அடிவாய் இணைப்பு உடைய டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கிச் சுற்று, படம் 6-20 (a)-ல் காணப்படுகிறது. 6-20 (b)-ல் காணப்படுவது பொது உமிழ்ப்பான் இணைப்பு உடைய டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கிச் சுற்று ஆகும்.

பொது அடிவாய் பெருக்கிச் சுற்றில், பெருக்கப்பட வேண்டிய சைகையானது உமிழ்ப்பானுக்கும் அடிவாய்க்கும் இடையே செலுத்தப்படுகின்றது. இதற்கேற்ற ஏற்பான் மின்னோட்டமானது பளு மின்தடை R_L வழியாகப் பாய்கிறது; இதனால் R_L-ன் முனைகளிடையே தோன்றும் மின்னழுத்தமே வெளிவரு மின்னழுத்தமாகும்.



படம் 6-20

டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கி

(a) பொது அடிவாய் இணைப்பு

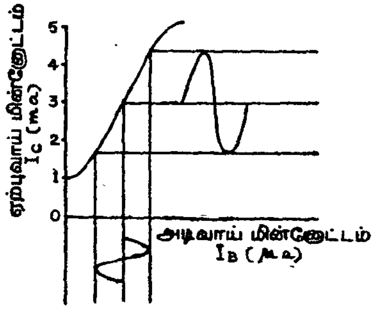
(b) பொது உமிழ்ப்பான் இணைப்பு

வெளிவரு மின்னழுத்த மாறுபாட்டிற்கும், உள்ளிடு மின்னழுத்த மாறுபாட்டிற்கும் உள்ள விகிதம் மின்னழுத்தப் பெருக்கு திறன் ஆகும்.

பொது உமிழ்ப்பான் பெருக்குச்சுற்றில், பெருக்கப்பட வேண்டிய உள்ளீடு சைகையானது அடிவாய்க்கும் உமிழ்ப்பானுக்கும் இடையே செலுத்தப் படுகின்றது. பெருக்கி அமைப்புகளில் பொது உமிழ்ப்பான் சுற்றுகளே சாதாரணமாகப் பயன்படுகின்றன.

PNP டிரான்சிஸ்டருக்கான இயக்கச் சிறப்பு வரை படம் 6-21-ல் காணப்படுகிறது. செலுத்தப்பட்ட சைகை

யினால் ஏற்படுகின்ற அடிவாய் மின்னோட்ட மாறுபாடு இயக்கச் சிறப்புவரையின் நேர்கோட்டுப் பகுதிக்குள் அடங்கி னால் வெளியீடு குலைவின்றி இருக்கும், அதாவது, பெருக்கப்



படம் 6-21

PNP டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கியாகச் செயல்படுதல்

பட்ட வெளியீடு சைகையானது உள்ளீடு சைகையின் பிம்பமாக இருக்கும்.

உமிழ்ப்பானிலிருந்து அடிவாய்க்குப் பாயும் சைகை மின்னோட்டம் I_B என்க; மற்றும் R_I = உள்ளீடு மின்தடை, I_C = ஏற்பான் மின்னோட்டம் என்க.

உள்ளீடு மின்னழுத்தம் $= I_B R_I$

வெளியீடு மின்னழுத்தம் $= I_C R_L$

எனவே, மின்னழுத்தப் பெருக்குதிறன் $= \dfrac{I_C R_L}{I_B R_I}$

மின்னோட்டப் பெருக்குதிறன் $= \dfrac{I_C}{I_B} = 50$ எனக் கொள்வோம். $R_L = 2K$, மற்றும் $R_I = 1K$ என்றிருக்குமானால்,

மின்னழுத்தப் பெருக்குதிறன் $= \dfrac{50 \times 2000}{1000} = 100$ ஆகிறது.

பெருக்கி வகைகள்

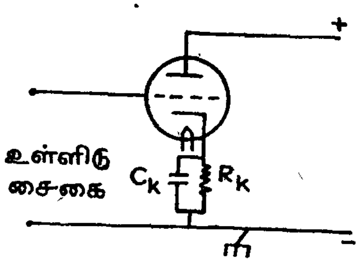
பெருக்கிகளைப் பலவாறாக வகைப்படுத்தலாம்.
(1) அவை செயல்படும் அதிர்வெண் நெடுக்கங்களுக்கேற்றவாறு

(a) செவியுணர் அதிர்வெண் பெருக்கிகள் (b) ரேடியோ அதிர்வெண் பெருக்கிகள் மற்றும் (c) கண்ணுறு அதிர்வெண் பெருக்கிகள் என வகைப்படுத்தலாம். (2) அவற்றின் செயற்பாங்குக் கேற்றவாறும் அவற்றை வகைப்படுத்தலாம். பெருக்கியின் செயல்படு புள்ளியானது, இயக்கச் சிறப்புவரையின் நேர் கோட்டுப் பகுதியின் மையமானால் பெருக்கியை *A* - வகைப் பெருக்கி என்றழைப்பர். இந்த வகையில் குலைவில்லாத வெளியீடு பெறப்படுகின்றது; எனவே இவ்வகைப் பெருக்கிகள் செவியுணர் அதிர்வெண் மற்றும் ரேடியோ அதிர்வெண் நெடுக்கங்களில் மின்னழுத்தப் பெருக்கிகளாகப் பயன்படுகின்றன.

ஆனோடு மின்னோட்டத்தைக் சுழியாக்கும் கிரிடு மின்னழுத்தம், வெட்டு மின்னழுத்தம் (Cut off bias) எனப்படும். கிரிடுக்கு வெட்டு மின்னழுத்தம் அளிக்கப்பட்டிருந்தால் அவ் வகைப் பெருக்கி *B* - வகைப் பெருக்கியாகும். வெட்டு மின் னழுத்தத்தை விடக் குறைந்த மின்னழுத்தம் கிரிடுக்கு அளிக்கப் பட்டால் *C* - வகைப் பெருக்கி பெறப்படுகிறது. *A* மற்றும் *B* - வகைகளுக்கு இடைப்பட்டது *AB* - வகை எனப்படும்; இதனில் கிரிடுக்கு அளிக்கப்படும் மின்னழுத்தமானது வெட்டு மின்னழுத்தத்தை விட அதிகமாகவும் இயக்கச்சிறப்பு வரையின் மையப் புள்ளியைவிடக் குறைவாகவும் அமைகிறது.

தற்சார்பு மின்னழுத்தம் (Self-bias)

கிரிடுக்கு அளிக்கப்படும் மின்னழுத்தமானது கேதோடைச் சார்ந்து அமைகிறது; கிரிடுக்கு அளிக்கப்படும் சார்பு மின்னழுத் தத்தைப் பொறுத்து *A*, *B* அல்லது *C* வகைப் பெருக்கிகள்



படம். 6-22

தற்சார்பு

செயல்படுகின்றன. கிரிடுக்குச் சார்பு மின்னழுத்தம் அளிப் பதைப் பின்வருமாறு செய்யலாம்; படம் 6-22 காண்க.

கிரிடுக்கு — 3 வோல்ட் சார்பு மின்னழுத்தம் கொடுக்க வேண்டும் என்க; அத்துடன் வால்வு செயல்படுகின்ற ஆனோடு மின்னழுத்தத்தில் மின்னோட்டம் 3 மில்லி ஆம்பியர் என்க.

படம் 6 - 22-ல் கேதோடானது ஒரு மின் தடை R_K வழியாக உயர் மின்னழுத்த பேட்டரியின் எதிர்முனையுடன் இணைகிறது. R_K-க்கு பக்க இணைப்பாக C_K என்ற மின் தேக்கி இணைக்கப்படுகிறது. C_K-யானது மின்னாற்பகுப்பு வகையினதாகும். ஆனோடு மின்னோட்டத்தின் நேர்த்திசை மின்னோட்டக்கூறு R_K வழியாகப் பாய்ந்து R_K-ன் முனைகளிடையே மின்னழுத்த வேறுபாட்டை ஏற்படுத்துகிறது. மின் தேக்கி C_K வழியாக மாறுதிசை மின்னோட்டக்கூறு பாயும். ஏனெனில் அது a-c மின்னோட்டத்திற்கு சிறிய மின்னெதிர்ப்பையே காட்டும். $X_C = \frac{1}{C_K\,\omega}$. செவியுணர் அதிர்வெண் பெருக்கிகளில் இந்த மின்தேக்கியின் மின்தேக்கு திறன் சாதாரணமாக 25 μf இருக்கும். இந்த மின்தேக்கியானது, நேர்த்திசை மின்னோட்டத்திற்கு (இதற்கு $\omega = 0$) ஈறிலா மின்னெதிர்ப்பைத் தருகிறது. எனவே நேர்த்திசை மின்னோட்டமானது R_K வழியாகத்தான் பாய வேண்டும்.

R_K-ன் முனைகளிடையே மின்னழுத்த வேறுபாடு $= R_K \times 3 \times 10^{-3}$ வோல்ட். R_K - ன் மேல்முனை கேதோடுடனும், கீழ்முனை கிரிடுடனும் இணைகின்றன. மேல் முனையைவிடக் கீழ்முனை 3 வோல்ட் குறைவான மின்னழுத்தம் உடையது. ஆகையால் கிரிடும் கேதோடைவிட 3 வோல்ட் குறைவான மின்னழுத்தம் பெறுகிறது. எனவே கிரிடு, கேதோடைப் பொறுத்து எதிர் மின்னழுத்தம் பெறுகிறது. ஆகையால்,

$$R_K \times 3 \times 10^{-3} = 3 \text{ வோல்ட்}$$
$$R_K = 1000\ \Omega = 1K.$$

எனவே 1 கிலோ ஓம் மதிப்புடைய மின்தடை R_K கேதோடு சுற்றில் இணைக்கப்பட்டால் கிரிடானது — 3-V சார்பு பெறும்.

இவ்வாறு கிரிடுக்குத் தற்சார்பு அளிப்பதால் வால்வினுடைய செயல்படுபுள்ளி நிலைப்படுகிறது. ஏதாவது காரணத்தால் ஆனோடு மின்னோட்டம் 3 மில்லி ஆம்பியருக்கும் அதிகமானால், கிரிடுசார்பும் அதிகரிக்கிறது. எனவே ஆனோடு மின்னோட்டம் குறைகிறது.

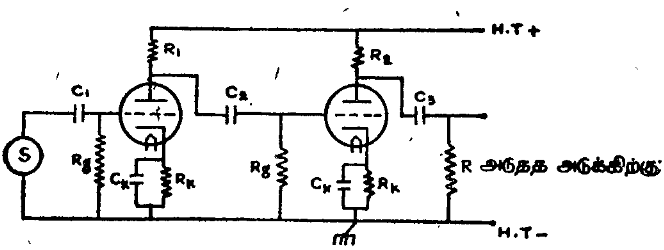
வால்வு அல்லது டிரான்சிஸ்டர் பிணைப்புகள்

ஒரேயொரு பெருக்கி அடுக்கு தருகின்ற மின்னழுத்தப் பெருக்கம் போதுமானதாக இராது. எனவே, இரண்டு அல்லது மூன்று அடுக்குகள் தொடராக இணைக்கப்படுகின்றன; ஏதாவது ஓர் அடுக்கின் வெளியீடு அதற்கடுத்த அடுக்கிற்கு உள்ளீடாகிறது.

ஓர் அடுக்கிற்கும் அடுத்த அடுக்கிற்கும் பிணைப்பு ஏற்படுத்த மூன்று முறைகள் உள்ளன. இவை: (1) மின்தடை — மின்தேக்கிப் பிணைப்பு (R - C coupling); (2) மின்நிலைம மின்தேக்கிப் பிணைப்பு (L - C coupling); (3) மின்மாற்றிப் பிணைப்பு (transformer coupling) என்பனவாம். வால்வுச் சுற்றுகளில் இவை மூன்றும், டிரான்சிஸ்டர் சுற்றுகளில் முதல் மற்றும் மூன்றாவது வகைகளும் பயன்படுகின்றன.

6.2.5. மின்தடை—மின்தேக்கிப் பிணைப்பு (R-C Coupling)

பெருக்கப்பட வேண்டிய *a-c* மின்னழுத்தமானது முதல் வால்வின் கிரிடுக்கும் கேதோடுக்கும் இடையே செலுத்தப்படுகிறது. கிரிடுக்குத் தேவையான சார்பு மின்னழுத்தம் (R_K, C_K) கூட்டமைப்பிலிருந்து பெறப்படுகிறது. பெருக்கப்பட்ட மின்னழுத்தம் R_1-ன் முனைகளிடையே கிடைக்கிறது;



படம் 6-23

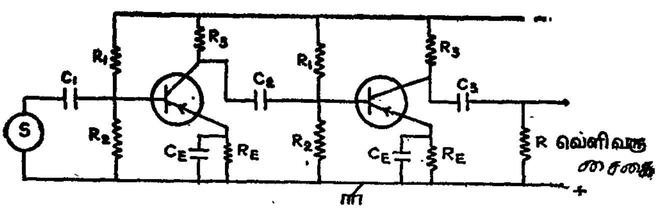
மின்தடை மின்தேக்கிப் பிணைப்புப் பெருக்கி (வால்வு)

இது பிணைப்பு மின்தேக்கி C_2 வழியாக இரண்டாவது வால்வின் கிரிடுக்குச் செலுத்தப்படுகிறது. நேர்த்திசை மின்னோட்டக்கூறு C_2 வழியாகப் பாயாது. எனவே பெருக்கப்

பட்ட a - c மின்னோட்டக்கூறு மட்டும் இரண்டாவது அடுக்கின் கிரிடுக்குச் செலுத்தப்படுகிறது. a-c சைகைக்கு R_1 அளிக்கும் மின் தடையைவிட C_2 அளிக்கின்ற மின்மறுப்பு மிகச் சிறியதாக இருக்க வேண்டும். R_g என்பது கிரிடு — கசிவு மின்தடை (grid leak resistance) யாகும். R_g மிகப் பெரிய மதிப்புடையதாக வேண்டும். அப்பொழுதுதான் கிரிடுக்குச் செலுத்தப்படும் சைகைக்கு அது குறுக்குத்தடம் ஆகாமலிருக்கும். R_1-ன் மேல் முனையானது (குறைந்த அகமின்தடை உடைய) பேட்டரி வழியாக இரண்டாவது வால்வின் கேதோடுடன் இணைகிறது. R_1-ன் கீழ் முனையானது இரண்டாவது வால்வின் கிரிடுடன் பிணைப்பு மின்தேக்கி C_2 வழியாக இணைகிறது.

RC பிணைப்பு உடைய டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கிச் சுற்று, படம் 6-24-ல் காணப்படுகிறது.

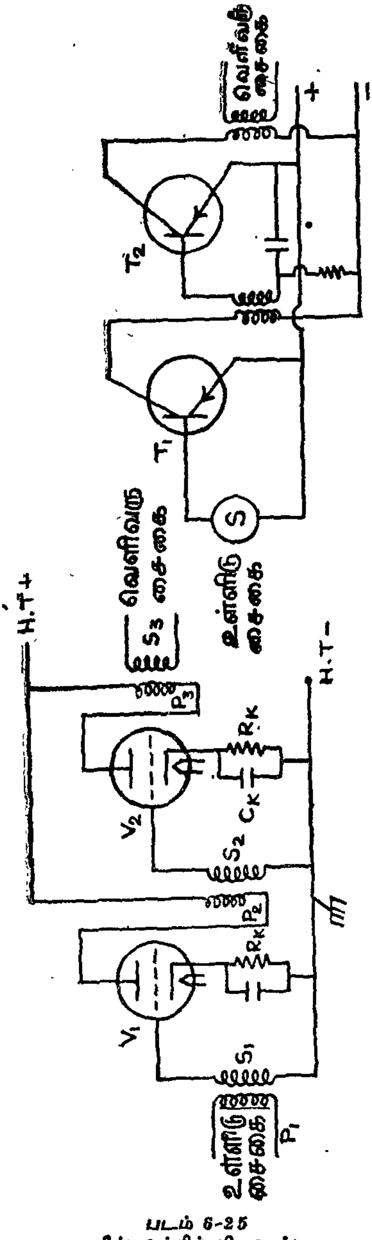
இதனில் C_1, C_2, C_3 என்பன பிணைப்பு மின்தேக்கிகள்; இவை நேர்த்திசை மின்னோட்டக்கூறுகளை தடுத்து விடுகின்றன. R_E என்ற மின்தடையும், R_1, R_2 என்ற மின்னழுத்த பகுப்பான்களும், உமிழ்ப்பானுக்கும் அடிவாய்க்கும் தேவையான தற்சார்பு அளிக்கின்றன. வெப்ப நிலை உயர்வால்



படம் 6-24

மின்தடை — மின்தேக்கிப் பிணைப்புப் பெருக்கி (டிரான்சிஸ்டர்)

ஏற்பான் மின்னோட்டம் உயர்வதற்கு வாய்ப்புண்டு. அப்பொழுது உமிழ்ப்பான் செயல்பாட்டை நிலைப்படுத்துவதற்கு R_E பயன்படுகிறது. எதிரூட்டத்தால் மின்னழுத்தப் பெருக்குதிறனில் ஏற்படக்கூடிய இழப்பை C_E ஈடு செய்கிறது.



படம் 6-25
மின்மாற்றிப் பிணைப்பு

6.2.6. மின்மாற்றிப்பிணைப்பு (Transformer Coupling)

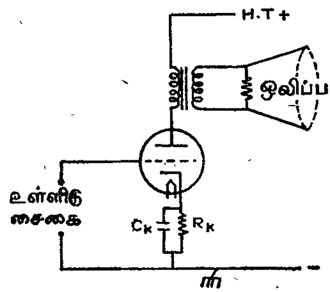
படம் 6-25 காண்க. மின் மாற்றிப் பிணைப்பு உடைய பெருக்கிகளில், *a-f* மின்மாற்றி யின் பிரதமச்சுருள் பளுவாகப் பயன்படுகிறது. ஆனோடு மின் னோட்ட மாறுபாடுகள் மின்மாற்றியின் பிரதமச்சுருளில் பாய்வதால் அதனுடைய துணைச் சுற்றில் ஒரு *a-c* மின்ன ழுத்தம் தூண்டப்படுகிறது. தூண்டப்பட்ட மின்னழுத்த மானது இரண்டாவது அடுக்கின் கிரிடு சுற்றுக்குச் செலுத்தப் படுகிறது.

மின்மாற்றிப் பிணைப்பில் சில குறைகளுண்டு. மின் மாற்றியின் காந்தத் தெவிட்டல் ஒரு குறை; தயக்க விளைவாலும் (hysteresis) சுழியோட்டங் களாலும் ஏற்படும் திறனிழப்பு மற்றொரு குறை. இவற்றின் அதிர்வெண் உணர்வு சீராக இருப்பதில்லை ; மேலும் மேற்சுரக் குலைவுகளும் ஏற்படும். இக்குறைகளில்லாத மின்மாற் றியை அமைக்கலாம்; ஆனால் அதன் விலை மிக அதிகமாகும்.

RF பெருக்கிகளில் மின் மாற்றிப் பிணைப்பு உண்டு; இதனில் இசைவு செய்யப் பட்ட துணைச் சுற்றுகள் பயன் படுத்தப்படுகின்றன; அத்துடன் *RF* பெருக்கம் செய்ய டிரை யோடுகளைவிட பெண்டோடு கள் சிறந்தவை.

6.2.7. திறன் பெருக்கிகள்

உள்ளீடு சைகையின் மின்னழுத்தத்தைப் பெருக்குகின்ற எலக்ட்ரான் குழாய் அல்லது டிரான்சிஸ்டரை மின்னழுத்தப் பெருக்கி என்பர். ஆனால் அதே சைகையின் திறனைப் பெருக்குகின்ற குழாய் அல்லது டிரான்சிஸ்டரைத் **திறன் பெருக்கி** என்றழைப்பர். சாதாரணமாக ஒரு செவியுணர் அதிர்வெண் பெருக்கி அமைப்புகளில் முதற் சில அடுக்குகள் மின்னழுத்தப் பெருக்கிகளாக இருக்கும். இவற்றின் வெளியீடு



படம் 6-26
சைகை ஒலி அலைகளாக மாற்றப்படல்

பெருக்கப்பட்ட சைகை மின்னழுத்தம் ஆகும். இது அடுத்துள்ள பெருக்கிக்கு ஊட்டப்படுகிறது. இந்த பெருக்கி, திறன் பெருக்கியாகச் செயல்படுகிறது. இவ்வாறு சைகையானது அதிகத் திறன் பெறுகிறது. பின்னர் அது ஒலிப்பானுக்குச் செலுத்தப்பட்டு ஒலி அலைகளாக மாற்றப்படுகிறது. போதுமான அளவிற்கு மின்னழுத்தப் பெருக்கம் ஏற்பட்ட பின்னரே திறன் பெருக்கம் செய்யப்படுகிறது.

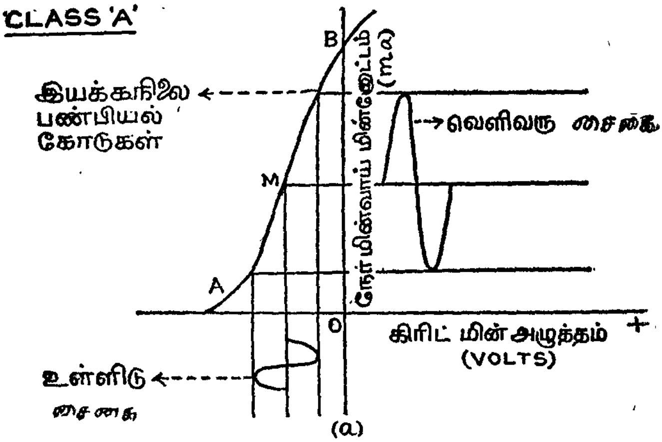
திறன் பெருக்கம் = மின்னழுத்தப் பெருக்கம் × மின்னோட்டப் பெருக்கம்

திறன் பெருக்கிகளை, அவற்றின் செயல்படு புள்ளியைச் சார்ந்து, *A* வகை, *AB* வகை, *B* வகை, மற்றும் *C* வகைகளாக பகுக்கலாம் என பகுதி 6.2.4 ல் அறிந்தோம்.

A வகை திறன் பெருக்கி

வெற்றிடக் குழாயின் இயக்கச் சிறப்பு வரையில் நேர் கோட்டுப் பகுதியின் மையப் புள்ளிக்கேற்ற எதிர் மின்னழுத்தம் கிரிடுக்கு அளிக்கப்பட்டால், அது *A* வகை திறன் பெருக்கி

யாகச் செயல்படும். படம் 6-27 சைகை மின்னழுத்தமானது கிரிடுக்கும் கேதோடுக்கும் இடையே செலுத்தப்படுகிறது. உள்ளிடு சைகையின் முழுச் சுற்றுக்கும் ஆனோடு மின்னோட்



படம் 6-27

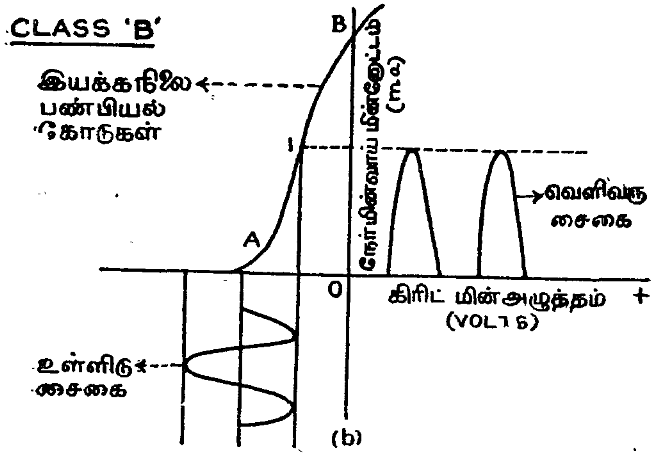
A-வகைச் செயற்பாங்கு

டம் பாய்கிறது. உள்ளிடு அலை வடிவமும் வெளியீடு அலை வடிவமும் வடிவொப்புமை உடையன. சைகையில் ஏற்படக் கூடிய குலைவுகளும் குறைவாகவே இருக்கும். திறன் பெருக்கும் திறமை (power efficiency) 20 முதல் 25 சத வீதமாகும். இது குறைவே. எனினும், குலைவற்ற, குறைந்த அளவு திறன் போதுமான விடத்து *A*-வகைப் பெருக்கிகள் பயன்படுகின்றன.

B வகை பெருக்கி

கிரிடுக்கு ஏறத்தாழ வெட்டு மின்னழுத்தத்திற்குச் சமமான சார்பு மின்னழுத்தம் அளிக்கப்படுகிறது. சைகையின் நேர் அரைச் சுற்றில் (Positive half cycles) மட்டுமே ஆனோடு மின்னோட்டம் பாய்கிறது (படம் 6-28). எதிர் அரைச் சுற்றில் மின்னோட்டம் இல்லையென்பதால் குலைவு அதிகம். வெளியிடு மின்னழுத்த மாற்றம் உயர்வு; திறன் வெளியிடும் உயர்வு. திறன் பெருக்கும் திறமை 78.5%

இருக்குமெனஎதிர்பார்க்கப் பட்டாலும், நடை முறையில் இது சுமார் 50% முதல் 60% ஆகும்.



படம 6-28

B வகைச் செய்ற் பாங்கு

AB வகை பெருக்கி

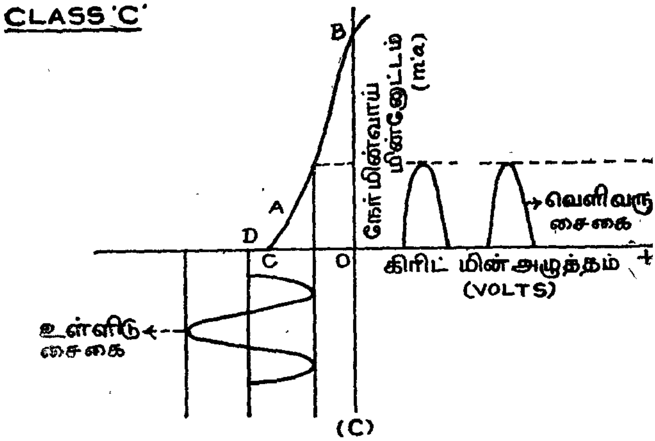
A-வகைக்கும் *B*-வகைக்கும் இடைப்பட்டதாக மின்னழுத்தம் உள்ளது.

C வகை பெருக்கி

(படம் 6-29) இதனில் கிரிடுக்கு வெட்டு மின்னழுத்தத்தை விட அதிக எதிர் மின்னழுத்தம் அளிக்கப்படுகிறது. சைகையின் அரைச் சுற்றுக்கும் குறைவான நேரத்திற்கே ஆனோடு மின்னோட்டம் பாய்கிறது. குலைவு மிகவும் அதிகம்; ஆதலால் உயர் அதிர்வெண் சைகைகளுக்குக்குத்தான் இந்த வகை பயன்படுத்தப்படுகிறது. சைகை அதிர்வெண் உயர்வானால் குலைவுகளை எளிமையான வடிசுற்றுகளைப் பயன்படுத்தி நீக்கிவிட முடியும்.

மின்னழுத்தப் பெருக்கம் செய்யும் அடிப்படையான சுற்றுகளைப் போலவே திறன் பெருக்கம் சுற்றுகளும் அமைகின்றன. ஆனால் திறன் பெருக்கியாகச் செயல்படும் டிரையோடு, பென்ட்டோடு மற்றும் சுற்றைத்திறன் குழாய் (beam

power tube) இவற்றின் அமைப்புகள் அதிகமான மின்னோட்டங்களைத் தரவல்லவை.



படம் 6-29
C வகைச் செயற் பாங்கு

வானொலிப் பெட்டியில், ஒலிப்பானுக்குத் திறன் அளிக்கும் *AF* பெருக்கி *A* வகையினதாகும்; ஏனெனில் அவ்வகையில் தான் குலைவு குறைவாகும்.

RF-திறன் பெருக்கிகளில் *B* அல்லது *C* வகை பயன்படுகிறது.

மாதிரிக் கணக்குகள்

ஒரு டிரையோடின் பெருக்கு எண் 100; அதன் ஆனோடு மின் தடை 20,000 ஓம்கள். அதன் பரிமாற்றுக் கடத்து திறன் என்ன? மின்னழுத்தப் பெருக்குதிறன் 50 எனில், பளுமின் தடை என்ன?

$$\mu = 100; \; R_p = 20{,}000 \text{ ஓம்.}$$

$$\text{பரிமாற்றுக் கடத்துதிறன் } g_m = \frac{\mu}{R_p} = \frac{100}{20{,}000} = \frac{1}{200} \text{ மோ}$$

$$= 0{\cdot}005 \text{ மோ}$$

$$\text{மின்னழுத்தப் பெருக்கு திறன்} = \frac{\mu R_L}{R_p + R_L} = \frac{100 \times R_L}{20{,}000 + R_L} = 50$$

$$\therefore \; R_L = 20{,}000 \text{ ஓம்}$$

எனவே, பளுமின்தடை $= 20{,}000$ ஓம்.

6.3. பின்னூட்டத் தத்துவம் : அலையியற்றிகள்

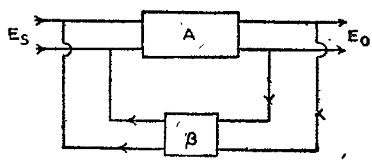
6.3.1. பின்னூட்டத் தத்துவம்

ஒரு பெருக்கியின் வெளியீட்டிலிருந்து ஒரு பகுதியை எடுத்து அதன் ஏற்பு வாயிலேயே செலுத்தல் பின்னூட்டம் (feed back) எனப்படும். இப்படிச் செய்வதால் அப்பெருக்கியின் செயல்பாங்கை மாற்றலாம். உள்ளிடப்படுகின்ற a-c மின்னழுத்தத்திற்கு வலிமையூட்டும் வகையில் பின்னூட்டப்படுகின்ற மின்னழுத்தம் அமையுமானால் உள்ளிடு மின்னழுத்தம் அதிகமாகிறது; எனவே வெளியீடும் அதிகமாகிறது. இதனை ஆக்கப் பின்னூட்டம் (regenerative feed back) என்பர். மாறாக, பின்னூட்டப்படும் மின்னழுத்தம் உள்ளிடப்பட்ட மின்னழுத்தத்தை எதிர்க்குமானால் நிகரத்தில் உள்ளீடு குறையும்; வெளியீடும் குறையும். இதனை எதிராக்கப் பின்னூட்டம் (degenerative feed-back) என்பர்.

ஆக்கப் பின்னூட்டத்தால் அலைவீச்சு உயர்கிறது; எனவே அது நன்மை பயப்பது என முதற்கண் தோன்றலாம். ஆனால் வீச்சு உயர, உயர பெருக்கியின் நிலைப்பாடு குறையும்; பெருக்கியானது அலையியற்றியாக மாறிவிடும்.

எதிராக்கப் பின்னூட்டம் நிலைப்பாட்டை உயர்த்துகிறது; குலைவைக் குறைக்கிறது. பெருக்கியும் பல்வேறு அதிர்வெண்களிலும் சீரான உணர்திறன் பெறுகிறது.

வெளியீடு மின்னழுத்தத்திற்கும், உள்ளிடு மின்னழுத்தத்திற்கும் உள்ள விகிதம் மின்னழுத்தப் பெருக்குதிறன் எனப்பட்டது. வெளியீடு மின்னழுத்தம் E_o, உள்ளிடு மின்னழுத்



படம் 6-30
பின்னூட்டம்—விளக்கம்

தம் (சைகை) E_s எனில், $A=E_o/E_s$ ஆகும். படம் 6-30 காண்க. வெளியீடு மின்னழுத்தம் E_o-ல் ஒரு பகுதியை

அதாவது பின்னம் β-வை பின்னூட்டச் சுற்று உள்ளீடுக்குச் செல்லுகிறது. பெருக்கிக்குச் செலுத்தப்படும் மொத்த உள்ளீடு

$$E_g = E_s + \beta E_o'.$$

இங்கு E_o' என்பது பின்னூட்டம் உள்ளபொழுது பெறப்படும் வெளியீடு ஆகும். பெருக்குதிறன் $A, = \frac{E_o'}{E_g}$ ஆகும். எனவே,

$$E_g = \frac{E_o'}{A} = E_s + \beta E_o'$$

அல்லது $E_o' \ (1-\beta A) = AE_s$

அல்லது, பின்னூட்டம் உள்ளபொழுது பெருக்குதிறன்

$$A' = \frac{E_o'}{E_s} = \frac{A}{1-\beta A}$$

பின்னூட்டம் உள்ள பொழுது பெருக்கியின் பெருக்கு திறன் மாறியுள்ளதைக் கவனிக்க. இதனில் மூன்று நேர்வுகள் பெறலாம்.

நேர்வு - 1: $(1-\beta A) < 1$. என்றபொழுது β நேரினமாகிறது. மற்றும் $A' > A$ ஆகிறது. ஆக்கப் பின்னூட்டம் உள்ளபொழுது பெருக்குதிறன் அதிகரிக்கிறது. வெளியீடு மின்னழுத்தத்தின் வீச்சு உயர்ந்து கொண்டே செல்லும். இதன் காரணமாகவே இதனை ஆக்கப் பின்னூட்டம் என்றனர். இதனால் நிலைப்பாடு குறையும்; குலைவு அதிகமாகும். எனவே ஆக்கப் பின்னூட்டம் பெருக்கிகளில் பெரும்பாலும் தவிர்க்கப்பட வேண்டும்.

நேர்வு - 2: $(1-\beta A) > 1$ என்றபொழுது, β எதிரினமாகிறது: மற்றும் $A' < A$ ஆகிறது. பின்னூட்டம் எதிரினமாகிறது; எனவே, எதிராக்கப் பின்னூட்டம் சுற்றில் நிகழ்கிறது. இதனால் பெருக்கு திறன் குறைகிறது. இரைச்சலும், குலைவும்கூடக் குறைகின்றன. நிலைப்பாடு உயர்கிறது.

நேர்வு - 3: $(1-\beta A) = 0$ என்றபொழுது, $\beta A = 1$; அல்லது $\beta = \frac{1}{A}$; β நேரினமாகிறது; மேலும் $A' = \frac{A}{1-\beta A} = \infty$; அதாவது A' ஈறிலியாகும். எனவே உள்ளீடு எதுவு

மில்லாமலே அலைவுறுகின்ற வெளியீடு மின்னழுத்தம் கிடைக்கும். ஆகவே இந்தப் பெருக்கி அலையியற்றியாகச் செயல்படும்.

6.3.2. அலையியற்றிகள்

உள்ளிடு மின்னழுத்தம் பின்னூட்ட மின்னழுத்தமான βA-யும் ஒத்த கட்டத்தில் இருப்பதுடன் $\beta = \frac{1}{A}$ என்றும் அமையு மானால் வெற்றிடக் குழாய் அல்லது டிரான்சிஸ்டர் ஓர் அலை யியற்றியாகச் செயல்படும். அதன் வெளியீடு சைன்வடிவ மின்னழுத்தமாகும். β என்பது ஒரு பின்னம். ஆதலால் ஒன்றைவிட உயர்வாக இருக்க முடியாது. எனவே பெருக்கு திறனும் ஒன்றுக்குக்கீழ் குறைய இயலாது.

$A = \frac{\mu R_L}{R_p + R_L}$ என்பதில் R_L = பளுமின்னெதிர்ப்பாகும்; R_p = ஆனோடு மின்தடையாகும்.

பின்னூட்ட அலையியற்றிகள்

பின்னூட்ட அலையியற்றிகளில் *LCR* சுற்றுகள் பயன்படுகின் றன. *LC* சுற்றின் இசைவு அதிர்வெண் $\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ஆகும்; இங்கு L = மின் நிலைமம் (ஹென்றிகளில்); C = மின்தேக்கு திறன் (ஃபாரட்களில்) ஆகும். பின்னூட்டத்தைப் பயன்படுத்தி, *LC* சுற்றுகளோடு இணைந்து செயல்படும் அலையியற்றிகளை இசைவுச் சுற்று அலையியற்றிகள் (resonant circuit oscillators) என்றழைப் பர். இவற்றிற்கு எடுத்துக்காட்டுகளாக:

(1) இசைவுறு ஆனோடு அலையியற்றி (2) இசைவுறு கிரிடு அலையியற்றி (3) ஹார்ட்லி அலையியற்றி மற்றும் **(4) கால்பிட் அலையியற்றி** ஆகியவற்றைக் கூறலாம்:

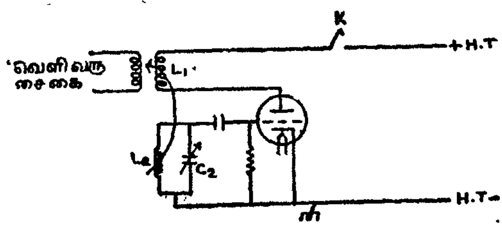
இசைவுறு கிரிடு அலையியற்றி (tuned grid oscillator)

அலைவுகளை இயற்ற ஒரு டிரையோடினைப் பயன்படுத் தலாம் (படம் 6 - 31). மின்நிலைமச் சுருள்கள் L_1, மற்றும் L_2 இடையே தகுந்த பிணைப்பு உள்ளது. இப்பிணைப்பின் காரணமாக ஆனோடு மின்னோட்டம் உயரும் பொழுது கிரிட் மின்னழுத்தம் உயரும்; ஆனோடு மின்னோட்டம் குறையும் பொழுது கிரிட் மின்னழுத்தம் குறையும். ஆனோடு மின்னழுத்த

மானது ஆனோடுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கும் மின்னழுத்தக் கருவி அளிக்கும் மின்னழுத்தத்திற்கும் L_1ன் முனைகளுக் கிடையேயான மின்னழுத்தக் குறைவுக்குமுள்ள வேறுபாட்டிற்கு சமமாதலால் ஆனோடு மின்னோட்டம் உயரும் அல்லது குறை யும் பொழுது ஆனோடு மின்னழுத்தம் குறையும் அல்லது கூடும். ஆனோடு மின்னழுத்தம் குறையும் பொழுது கிரிடு மின்னழுத்தம் உயர்கிறது. எனவே, ஆனோடு மின்னழுத்தம் உயரும் பொழுது கிரிடு மின்னழுத்தம் குறைகிறது. அதாவது, கிரிடும் ஆனோடும் எதிர் கட்டங்களில் உள்ளன. இவ்வாறு கட்ட வேறுபாடு 180° இருக்கும் பொழுது அலையியற்றி நல்ல வகையில் செயல் படும்.

விளக்கம்

பின்னூட்டம் இல்லையெனக் கொள்வோம். அப் பொழுது சாவி 'K' மூடப்பட்டவுடன், ஆனோடு மின்னோட் டம் சிறிது சிறிதாக உயர்ந்து I_0 என்ற பெரும மதிப்பை அடையவேண்டும். ஆனால், ஆனோடு சுற்றிலிருந்து L_1, L_2-வின் பிணைப்பு வழியாக கிரிடு சுற்றுக்குப் பிணைப்பு உள்ளது.



படம் 6·31

இசைவு கிரிடு அலையியற்றி

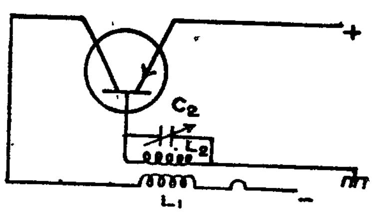
எனவே ஆனோடு மின்னோட்டம் உயர கிரிடு மின்னழுத்தம் உயர்கிறது. இதனால் மின்னோட்டம் மேலும் உயர்கிறது; கிரிடு மின்னழுத்தமும் உயர்கிறது. இவ்வாறு ஆனோடு மின்னோட்டம் மேன்மேலும் உயர்ந்து சென்று I_0 மதிப் பையும் தாண்டிவிடுகிறது. ஆனால் மின்னோட்டமானது நிலைப்பாடு பெறமுயற்சித்து I_0 மதிப்பை நோக்கிக் குறைகிறது. மின்னோட்டம் குறைவதால் கிரிடு மின்னழுத்தம் குறைகிறது; எனவே மின்னோட்டம் மேலும் குறைகிறது. ஆகவே மின் னோட்டம் I_0 மதிப்பையும் விடக் கீழே குறைந்துவிடுகிறது.

மீண்டும் I_0 மதிப்பை நோக்கி உயரத்தொடங்கும். எனவே இந்த நிகழ்வுகள் மீண்டும் மீண்டும் நிகழ்கின்றன. எனவே மின்னோட்டமானது I_0 மதிப்பை மையமாகக் கொண்டு அலைவுறுகிறது. இந்த அலைவுறு மின்னோட்டத்தின் (அல்லது மின்னழுத்தத்தின்) அதிர்வெண் $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2C_2}}$ ஆகும். கிரிடு மின்னழுத்தத்திற்கும் ஆனோடு மின்னழுத்தத்திற்கும் இடையில் கட்டவேறுபாடு 180° இருக்கவேண்டும் என்பது அலைவுகள் நிகழ்வதற்கான நியதியாகும்.

6.3.3. டிரான்சிஸ்டர் இசைவுறு — அடிவாய் அலையியற்றி (Tuned Base Oscillator)

இதற்கான சுற்று படம் 6-32-ல் காணப்படுகிறது. அடிவாய் சுற்றுக்கு ஆக்கப்பின்னூட்டம் தருகின்ற வகையில் L_1, L_2 என்ற சுருள்கள் பிணைந்துள்ளன.

சாவி மூடப்பட்டவுடன் ஏற்பான் மின்னோட்டம் L_1 வழியே பாய்கிறது. இவ்வாறு ஏற்பான் மின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் மாற்றம் L_1 வழியான காந்தப்பாயத்தை மாற்றுகிறது. L_1, L_2-க்குப் பிணைப்பு உள்ளதால் L_2-ல் மின்னழுத்தம்



படம் 6·32

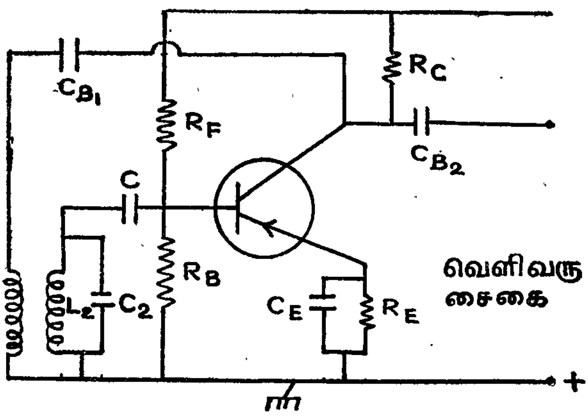
இசைவுறு அடிவாய் அலையியற்றி — தத்துவம்

தூண்டப்படுகிறது. வலப்புறம் நேர்முனையாகவும், இடப்புறம் எதிர்முனையாகவும் அமையுமாறு பிணைப்பு உள்ளதாகக் கொள்வோம். அப்பொழுது அடிவாய் மின்னழுத்தம் எதிராகிறது; எனவே ஏற்பான் மின்னோட்டம் உயர்கிறது. இந்த உயர்வு L_2-ல் தூண்டுகின்ற மின்னியக்கு விசையும் உயர்கிறது. எனவே அடிவாய் மேலும் எதிராகி, ஏற்பான் மின்னோட்டத்தை மேலும் குறையவும், அடிவாயின் எதிர்மின்னழுத்தம் மேலும் எதிராகிறது.

பெரும மதிப்பை எட்டியவுடன் மின்னோட்டம் குறையத் தொடங்குகிறது. இக்குறைவை எதிர்க்கும் வகையில் உடனே L_1-ல் ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாடு தூண்டப்படுகிறது. அதாவது, L_1-ல் தற்பொழுது மின்னழுத்தத்திசை மாறிவிடுகிறது. இதேபோன்று L_2-ல் தூண்டப்படும் மின்னழுத்தமும் மாறுகிறது. அதாவது, A நேர்முனையாகவும் B எதிர்முனையாகவும் அமைகின்றன. அடிவாய் மேன்மேலும் நேர் ஆக, ஏற்பான் மின்னோட்டமும் மேன்மேலும் குறைகிறது. ஏற்பான் மின்னோட்டம் சிறும மதிப்பை அடைந்தவுடன் மீண்டும் அதிகரிக்கத் தொடங்கி மேற்சொன்ன நிகழ்வுகள் மீண்டும் மீண்டும் ஏற்படுகின்றன. எனவே ஏற்பான் மின்னோட்டம் அலைவுறுகிறது. இந்த அலைவின் அதிர்வெண் $\frac{1}{2\pi\sqrt{L_2C_2}}$ ஆகும்.

$$\left\{\begin{array}{c}\text{அலைகளை நிகழ்த்}\\ \text{தத் தேவையான}\\ \text{திறன்}\end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{c}\text{ஏற்பானிலிருந்து}\\ \text{அடிவாய்க்குப்}\\ \text{பின்னூட்டப்}\\ \text{படும் திறன்}\end{array}\right\} - \left\{\begin{array}{c}\text{இசைவுச்}\\ \text{சுற்றில்}\\ \text{வீணாகும்}\\ \text{திறன்}\end{array}\right\}$$

மின்தேக்கி C_2-ஐச் சீரமைத்தால் தேவையான அதிர்வெண்ணில் அலைவுகள் கிடைக்கும்.



படம் 6-33

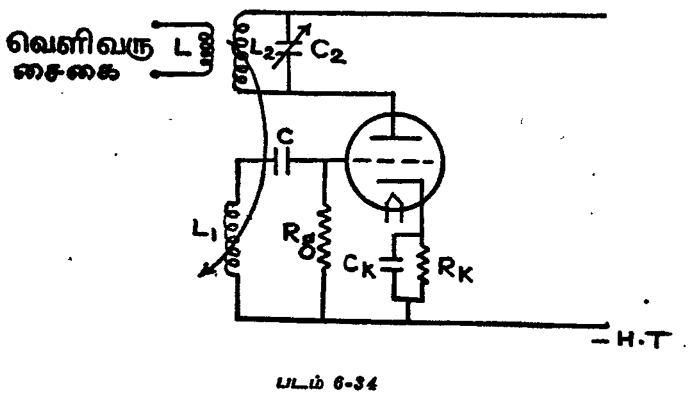
இசைவுறு அடிவாய் நடைமுறைச் சுற்று

படம் 6 - 32 சுற்றில் தேவையான சார்பு மின்னழுத்தமும் நிலைப்பாட்டிற்குத் தேவையான ஏற்பாடும் இல்லை. படம் 6 - 33-ல் இவை சேர்க்கப்பட்டுள்ளன.

R_B, R_C, R_F என்ற மின்தடைகள் தேவையான சார்பு மின்னழுத்தங்களைத் தருகின்றன. L_1-க்கும் L_2-க்கும் இடையே உள்ள பரிமாற்று மின்நிலைமம் தேவையான பின்னூட்டப் பிணைப்பைத் தரும். C_E என்ற மின்தேக்கி, சைகையின் a.c கூறுகளுக்கான பாதையாகும். C_1 என்பது இசைவு செய்யும் மின்தேக்கியாகும்.

6.3.4. இசைவுறு ஆனோடு அலையியற்றி (Tuned plate oscillator)

இதற்கான சுற்று படம் 6-34-ல் காணப்படுகிறது. இந்த அலையியற்றியின் தொட்டிச் சுற்று (tank circuit) - அதாவது இசைவுறு சுற்று - டிரையோடின் ஆனோடு சுற்றில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. அலைவுகளின் அதிர்வெண்ணை தேவைக்கேற்ப மாற்றியமைக்க உதவுவது மின்தேக்கி C_1 ஆகும். அதிர்வெண் $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1C_1}}$ ஆகும்.

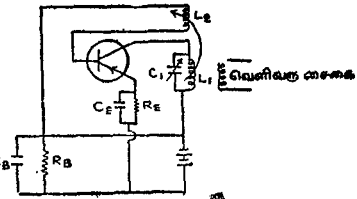


படம் 6-34
இசைவுறு ஆனோடு அலையியற்றி

L_1, L_2-க்கு இடையே பரிமாற்று மின்நிலைமப் பிணைப்பு உள்ளது; இதனால் கிரிடு சுற்றுக்குப் பின்னூட்டம் கிடைக்கிறது. ஆனோடு மின்னழுத்தமும் கிரிடு மின்னழுத்தமும் எதிரெதிர் கட்டங்களில் இருக்குமாறு L_1, L_2-ல் சுற்றுகளின் திசைகள் உள்ளன.

6.3.5. டிரான்சிஸ்டர் இசைவுறு ஏற்பான் அலையியற்றி (tuned collector oscillator)

இதற்கான சுற்று படம் 6-35-ல் காணப்படுகிறது. இச்சுற்றின் செயல்பாடும், இசைவுறு ஆனோடு அலையியற்றி (குழாய்)யின் செயல்பாடும் ஒத்தன.



படம் 6-35

இசைவுறு ஏற்பான் அலையியற்றி

ஏற்பானிலிருந்து அடிவாய்க்குப் பின்னூட்டம் கிடைக்கிறது. இப்பின்னூட்டத்தின் அளவையும் கட்ட வேறுபாட்டையும் தகுந்தவாறு இணைக்கப்பட்ட மின்மாற்றி L_1, L_2 தருகிறது.

$$\text{அலைவுகளின் அதிர்வெண்} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}}$$

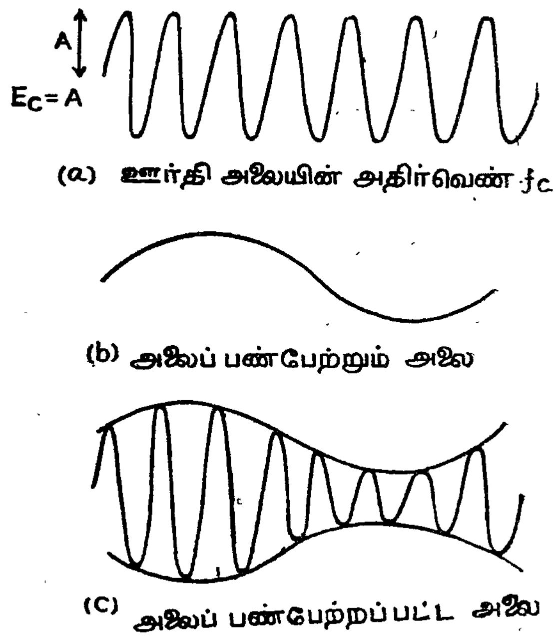
6.4. அலைப் பண்பேற்றம்

6.4.1. முன்னுரை

செவியுணர் அதிர்வெண்களிலுள்ள சைகை பெருக்கப்பட்டு, பின்னர் பரப்பி அன்டென்னாவிலிருந்து கதிர் வீசப்பட்டால், இந்த செவியுணர் அதிர்வெண் அலைகள் (அதிர்வெண் 20 முதல் 20,000 Hz) மிகச் சீக்கிரமாகவே மெலிந்து விடும். ஏனெனில் அவற்றின் ஆற்றல் மிகக் குறைவாகும். ஆகவே நெடுந் தொலைவுக்கு அலைகளைப் பரப்பும் ரேடியோ தொடர்பு அமைப்புகளில் அலைப் பண்பேற்றம் என்ற வழிமுறை கையாளப்படுகிறது. ரேடியோ அதிர்வெண்களில் மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தை ஓர் அலையியற்றி தருகின்றது. இந்த அலைவுகள் சைன் வடிவமுடையவை.

இவற்றை ஊர்தி அலைகள் என்பர். இவைமீது *AF* சைகை சுமத்தப்படுகிறது. இப்படி *RF* அலைகள்மீது *AF* சைகையைச் சுமத்துகின்ற செய்முறை, அலைப் பண்பேற்றம் எனப்படும்.

அலைப் பண்பேற்றம் செய்வதற்கு மூன்று வழி முறைகள் உண்டு. இவை (1) வீச்சுப் பண்பேற்றம் (Amplitude Modulation) (2) அதிர்வெண் பண்பேற்றம் (Frequency Modulation) மற்றும் (3) கட்டப் பண்பேற்றம் (Phase Modulation) என்பனவாம்.



படம் 6-36

அலைப் பண்பேற்றம்

(a) ஊர்திஅலை — அதிர்வெண் fc
(b) சைகை — அலைப் பண்பேற்றும் அலை
(c) அலைப் பண்பேற்றம் பெற்ற ஊர்தி அலை

வீச்சுப் பண்பேற்றத்தில், சைகையின் வீச்சுக்கு ஏற்ப ஊர்தி அலையின் வீச்சு மாற்றப்படுகிறது. இதனைப் படம் 6-36 காட்டும்.

அலைப் பண்பேறிய ஊர்தி அலையின் மின்னழுத்தத்தை

$$e = E_C (1 + m \sin \omega_s t) \sin \omega_c t$$

என்றெழுதலாம். இதனில் $\omega_C = 2\pi f_C$; $\omega_s = 2\pi f_S$ மற்றும்

$$m = \frac{E_S}{E_C}$$ = அலைப் பண்பேற்ற ஆழம்.

m-ன் மதிப்பு சுழிமுதல் 1 வரை இருக்கலாம். $m = 1$ எனில், ஊர்தி அலையானது 100% அலைப் பண்பேற்றத் திற்குட்பட்டுள்ளது எனப் பொருள்படும்.

6.4.2. அலைப பணபேறறம் பெறற அலையில் உளள அதிர்வெண கூறுகள்

அலைப் பண்பேற்றம் பெற்ற அலை ஒரு கூட்டு அலை (complex wave) ஆகும். இதனில் உள்ள வெவ்வேறு அதிர்வெண்களாவன:

(1) ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண் f_C. இதனுடைய வீச்சு ஊர்தி அலையின் வீச்சு ஆகும்.

(2) $(f_C + f_S)$ மதிப்புடைய அதிர்வெண்ணில், மேல் பக்கப்பட்டை (upper side band) எனப்படும் அலைகள்.

(3) $(f_C - f_S)$ மதிப்புடைய அதிர்வெண்ணில் கீழ்ப் பக்கப்பட்டை (lower side band) எனப்படும் அலைகள்.

ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண் 2000 kHz, மற்றும் சைகை அதிர்வெண் 5 kHz எனில், மேற்சொன்ன கூறு களின் அதிர்வெண்கள் 1995 kHz, 2000 kHz மற்றும் 2005 kHz ஆகும்.

அனுப்பபபடும் செய்தி முழுவதும் பக்கப்பட்டைகளில் தான் உள்ளன. குலைவுகள் ஏற்படாமலும், மேற்சொன்ன எல்லா அதிர்வெண்களுடனும் அவற்றின் ஒப்புமைவீச்சு மாறா மலும் அலை பரப்பப்படவேண்டும்.

அலைப்பண்பேறிய அலையின் ஆற்றல்

$$P = \frac{E_C^2}{2R}\left(1+\frac{m^2}{2}\right)$$ ஆகும்.

இதனில், $\frac{E_C^2}{2R}$ ஊர்தி அலையின் ஆற்றல் $\frac{E_C^2 m^2}{4R}$ இரு பக்க பட்டைகளின் ஆற்றல் ஆகும்.

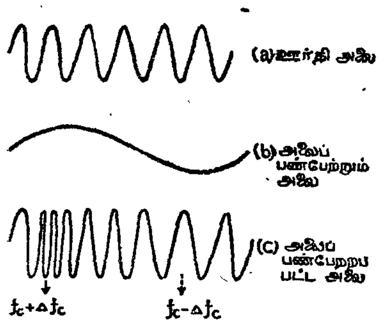
எனவே, 100% அலைப்பண்பேற்றம் ($m = 1$) உள்ள பொழுதுகூட, சைகையைப் பரப்புவதற்கான திறன் ஊர்தியின் திறனில் பாதிதான். எனவே திறமையான் அலைபரப்புக்கு 'm' மதிப்பு இயன்ற அளவுக்கு உயர்வாக இருக்கவேண்டும்.

6.4.3. அதிர்வெண் பண்பேற்றம்

இந்த முறையில், சைகை அலையின் வீச்சுக்கு ஏற்ப, ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண் மாற்றப்படுகிறது; ஆனால் ஊர்தி அலையின் வீச்சு மாறுவதில்லை.

ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண் f_C-ல் ஏற்படும் மாற்றத்தை Δf_C எனச் சொன்னால், Δf_C-க்கும் சைகை அலைவுகளின் அதிர்வெண் f_S-க்கும் உள்ள விகிதம் அலைப் பண்பேற்ற ஆழம் எனப்படும்.

$$m = \frac{\Delta f_C}{f_S}$$



படம் 6-37

அதிர்வெண் பண்பேற்றம்

சைகைகளை அலை பரப்பும்பொழுது ஏற்படக்கூடிய இயற்கையான மற்றும் செயற்கையான இரைச்சல்களை அதிர் வெண் பண்பேற்றத்தினால் தவிர்க்க இயலும்.

• அதிர்வெண் பண்பேற்றத்திற்கு அதிகமான பட்டை அகலம் தேவை; எனவே இது மீஉயர் அதிர்வெண்களில் அல்லது மீமீஉயர் அதிர்வெண்களில்தான் பயன்படுத்தப் படுகிறது.

6.4.4. அலைப் பணபிறக்கம் (Demodulation)

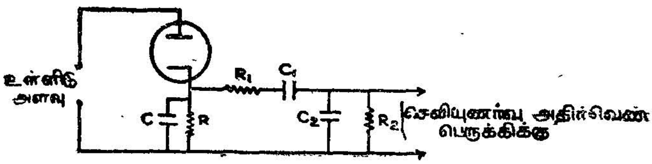
சைகையைச் சுமந்துவரும் ஊர்தி அலையிலிருந்து சைகையைப் பிரித்து எடுக்கும் செயல் அலைப்பண்பிறக்கம் (Demodulation) எனப்படும்.

பரப்பிலிருந்து வீசப்படும் அலைகள் ஏற்பியை அடையும் பொழுதில் மெலிந்திருக்கும்; ஏனெனில் அவை நெடுந் தொலைவு கடந்து வருகின்றன. எனவே அலைப்பண்பிறக்கம் செய்வதற்கு முன் அவ்வலைகளைப் பெருக்கம் செய்தல் அவசியமாகிறது. இப்படி *RF* அலைவுகளைப் பெருக்குவதால் இந்த அடுக்கினை *RF* **பெருக்கி** என்பர்.

இதனையடுத்து ஊர்தி அலையிலிருந்து சைகையானது பிரித்தெடுக்கப்படுகிறது.

டையோடு அலைப் பண்பிறக்கி : ஒரு டையோடு வால்வு அல்லது குறைகடத்தி டையோடு அலைப் பண்பிறக்கியாகச் செயல்படும்.

டையோடு வால்வு அலைப் பண்பிறக்கி : இந்த அலைப் பண்பிறக்கிக்கான சுற்று படம் 6 - 38ல் காணப்படுகிறது. அலைப்பண்பேறிய *RF* மின்னழுத்தமானது ஆனோடுக்கும் கேதோடுக்கும் இடையே செலுத்தப்படுகிறது. கேதோடைப்



படம் 6-38

டையோடு அலைப் பண்பிறக்கி—வால்வு டையோடு

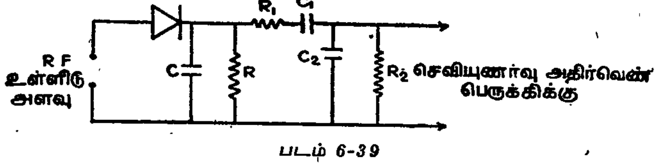
பொறுத்து ஆனோடு நேர்மின்னழுத்தம் பெறும்பொழுது மட்டும் டையோடு மின்கடத்துகிறது. எனவே உள்ளிடப்படுகின்ற *RF* அலைவின் நேர் அரைச் சுற்றின் போது மட்டும் குழாயில்

மின்னோட்டம் ஏற்படும். இந்த நேர்த்திசை மின்னோட்டம் C-க்கு மின்னேற்றுகிறது. C-பெறுகின்ற மின்னழுத்தமானது RF-மின்னழுத்தத்தின் உச்சமதிப்புக்கு ஏறத்தாழ சமமாகும். RF-அலையின் எதிர் அரைச்சுற்றின்போது மின் தேக்கியானது R வழியாக மின்னிறக்குகிறது. இந்த மின்னிறக்கம் முடியுமுன் RF அலையின் அடுத்த நேர்அரைச்சுற்றால் C மீண்டும் மின்னேற்றம் பெறும். இதுவும் RF அலையின் உச்ச மின்னழுத்தத்திற்குச் சமமாகும். அடுத்த எதிர் அரைச் சுற்றில் மின்னிறக்கம் நிகழும்; இதுபோல் தொடர்ந்து நிகழும் R-ன் முனைகளிடையே கிடைக்கும் வெளியீட்டில் பின்கண்ட மூன்று கூறுகள் உள்ளன:

(1) ரேடியோ அதிர்வெண் துடிப்புகள், (2) நேர்த் திசை மின்னழுத்தக் கூறு (3) சைகை அதிர்வெண்ணுடைய $a.c.$ கூறு.

AF பெருக்கியின் கிரிடுக்கு நேர்த்திசை மின்னழுத்தக் கூறு செல்லாமல் மின்தேக்கி, C_1 $\left(\text{இதன் மின்மறுப்பு } \frac{1}{C_1\omega}\right)$ தடுத்து விடும். RF மின்னோட்டத்திற்குக் குறைந்த தடையைத்தரும் வகையிலும் மற்றும் AF மின்னோட்டத்திற்கு உயர்ந்த தடையைத் தரும் வகையிலும் C_2-ன் மின் தேக்குதிறன் உள்ளது. எனவே DC கூறும், RF கூறும் வடிக்கப்பட்டு விடுகின்றன. மிச்சமிருக்கும் AF மின்னழுத்தம் (சைகை மின்னழுத்தம்) C_2-ன் முனைகளிடையே தோன்றுகிறது. இது AF பெருக்கியின் கிரிடுக்குச் செலுத்தப் படுகிறது.

6.4.5. குறைக்கடத்தி டையோடு ஏற்பி அல்லது படிகப் பண்பிறக்கி



படம் 6-39

குறைக்கடத்தி டையோடு அலைப் பண்பிறக்கி

டையோடு வால்வுக்குப் பதிலாக ஒரு PN சந்தி டையோடு அலைப் பண்பிறக்கம் செய்ய உதவும். டையோடு

வால்வைப் போன்றேதான் PN சந்தியும் செயல்படுகிறது. முன்னோக்குச் சார்பு உள்ளபொழுது மட்டுமே PN சந்தியின் கடத்தும்; திருப்புச் சார்பு உள்ளபொழுது அது மின் கடத்தாது. அதாவது P நேர் ஆகும் பொழுது சந்தி மின் கடத்துகிறது; அதுவே, P எதிர் ஆகும் பொழுது மின் கடத்தாது. மாறும் மதிப்புடைய, ஆனால் நேர்த்திசையில் பாய்கின்ற சைகை மின்னோட்டம் R_2-ன் முனைகளிடையே மின்னழுத்தத்தைத் தோற்றுவிக்கிறது. இதுவே டிரான்சிஸ்சர் பெருக்கியின் அடிவாய்க்கும் உமிழ்ப்பானுக்கும் இடையே செலுத்தப்படுகிறது; பெருக்கியில் பெருக்கப்பட்டபின் ஒலிப்பானுக்கு ஊட்டப்பட ஒலி எழுகிறது.

6.5. எலக்ட்ரானியல் அளக்கும் கருவிகள்

6.5.1. மல்டி மீட்டர்

பல நெடுக்கங்களில் அளக்கக்கூடிய வோல்ட்மீட்டர், அம்மீட்டர், ஓம் மீட்டர் மூன்றையும் தன்னுள் அடக்கியது மல்டி மீட்டர் ஆகும். இதனில் ஓர் இயங்கு சுருள் கால்வனாமீட்டர் காட்டியாகச் செயல்படுகிறது. கால்வனாமீட்டரில் முழுவிலகல் பெறுவதற்கு 0.05 மில்லி ஆம்பியர் முதல் 1 மில்லி ஆம்பியர் வரையிலான மின்னோட்டம் போதுமானது.

(a) தகுந்த உயர்மின்தடையை கால்வனாமீட்டருடன் தொடராக இணைப்பதால் வோல்ட்மீட்டர் பெறப்படுகிறது. இயங்கு சுருள் கால்வனாமீட்டரின் மின்தடை 100 ஓம்கள் என்று கொள்வோம். இதன் வழியே 1 மிஆ பாயும்பொழுது முழுவிலகல் கிடைப்பதாகவும் கொள்வோம். இந்த கால்வனா மீட்டருடன் 900 ஓம்களை தொடராக இணைத்தால் வோல்ட் மீட்டரின் நெடுக்கம் $10^{-3} \times 1000 = 1$ வோல்ட் ஆகும். அதாவது, அது சுழிமுதல் 1 வோல்ட் வரையில் அளக்கக்கூடிய வோல்ட்மீட்டராக மாறியது.

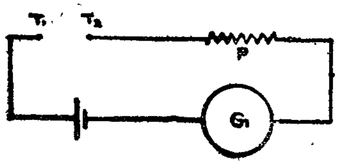
இந்த கால்வனா மீட்டருடன் 9900 ஓம்களைத் தொடராக இணைத்தால் வோல்ட்மீட்டரின் நெடுக்கம் 10 வோல்ட் ஆகும்.

ஒவ்வொரு நெடுக்கத்திற்கும் தகுந்த ஓர் உயர்மின் தடையை தேவைக்கேற்ப கால்வனாமீட்டருடன் தொடராக இணைத்-

தால் பல நெடுக்கங்களுக்குப் பயன்படும் வோல்மீட்டர் கிடைக்கும். இதற்கு வசதியாக ஒரு சுவிட்சு உண்டு.

(b) கால்வனாமீட்டருடன் பக்க இணைப்பாக குறைமின் தடையை இணைத்து அதனை **அம்மீட்டர்** ஆக மாற்றலாம். ஒவ்வொரு நெடுக்கத்திற்கும் ஏற்ற குறைமின் தடையை இணைக்க வேண்டும். மேற்சொன்ன கால்வனாமீட்டருடன் $\frac{100}{999}$ ஓம் (சுமாராக $0 \cdot 1$ ஓம்) மின் தடையைப் பக்க இணைப்பாக இணைத்தால், சுழிமுதல் 1 ஆம்பியர் வரை அளக்கக் கூடிய அம்மீட்டர் கிடைக்கும். இந்த கால்வனா மீட்டரையே 10 ஆம்பியர் வரை அளக்கும் வகையில் அம்மீட்டராக மாற்ற, அதனுடன் பக்க இணைப்பாக $\frac{100}{9999}$ ஓம் (சுமாராக $0 \cdot 01$ ஓம்) மின் தடையை இணைக்கவேண்டும்.

(c) கால்வனாமீட்டரை **ஓம்மீட்டர்** ஆக மாற்ற அதனுடன் ஒரு பேட்டரியையும் தகுந்த மின் தடையையும் தொடராக இணைக்க வேண்டும். மேற்சொன்ன கால்வனா மீட்டர் சுற்றில் மொத்தம் 1000 ஓம் மின் தடை (கால்வன மீட்டரின் மின்தடையையும் சேர்த்து) இருப்பதாகக் கொள்



படம் 6-40

கால்வனா மீட்டரை ஓம்மீட்டராக மாற்றுதல்

வோம். அப்பொழுது, இக்கால்வனாமீட்டருடன் $1 \cdot 0$ வோல்ட் பேட்டரியைத் தொடராக இணைத்தால் அதனில் முழுவிலகல் கிடைக்கும். (படம் 6-40 காண்க.) ஏனெனில்,

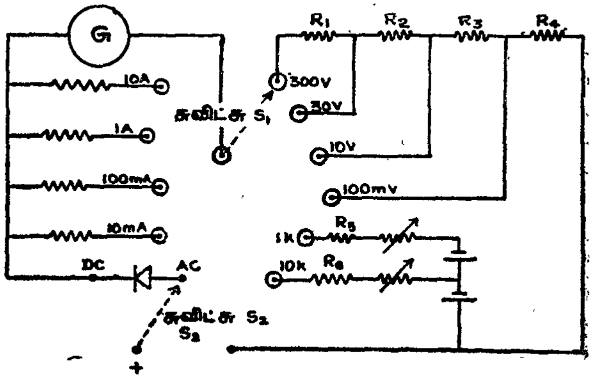
$$\frac{1 \cdot 0}{R} = 1 \text{மிஆ} = \frac{1}{1000} \text{ ஆம்பியர்.}$$

$$\therefore R = 1 \cdot 0 \times 1000 = 1000 \text{ ஓம்கள்}$$

கால்வனா மீட்டரின் அளவுகோல் மீது 1 மி ஆ என்று குறிக்க வேண்டிய இடத்தில் '0' எனக்குறிக்கப்படும். தற்

பொழுது T_1, T_2 என்ற முனைகளுடன் 1000 ஓம் மின்தடையை இணைத்தால், கால்வனாமீட்டரில் மின்னோட்டம் 0·5 மில்லி ஆம்பியராக மாறும். எனவே 0·5 மிஆ எனக் குறிக்க வேண்டிய இடத்தில் 1000 ஓம் எனக் குறிக்கப்படும். தொடராக 3000 ஓம்கள் இணைக்கப்பட்டால் மின்னோட்டம் 0·25 மில்லி ஆம்பியராக மாறும்; எனவே 0·25 மிஆ என்பதற்குப் பதிலாக 3000 ஓம் எனக் குறிக்கப்படும். சாதாரணமாக கால்வனாமீட்டருடன் மாறுமின்தடையொன்று தொடராக இணைக்கப்பட்டிருக்கும். இதனைச் சீரமைத்து சுழிச் சீரமைப்பு (Zero adjustment) செய்யலாம்.

a.c மின்னழுத்தங்களையும் மின்னோட்டங்களையும் அளக்கக் கால்வனாமீட்டருடன் தொடராக இணையும் வகையில் ஒரு திருத்தி அமைப்பு (Rectifier) உண்டு.



படம் 6-41

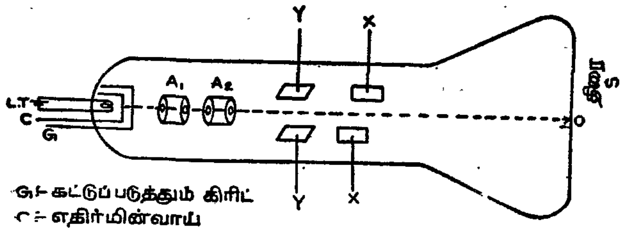
மல்டி மீட்டர்

இதற்கான சுவிட்சு S_2 ஆகும். S_2-வைப் படத்தில் காண்பது போல அமைத்தால், a.c அளவீடுகள் செய்யலாம். சுவிட்சு S_2-வை d.c. என்று காட்டுமாறு அமைத்தால் திருத்தி அமைப்பு சுற்றிலிருந்து விலக்கப்பட்டுவிடும். அப்பொழுது மீட்டரை d.c மின்னோட்டங்களையும், d-c மின்னழுத்தங்களையும் அளக்கப் பயன்படுத்தலாம்.

அளக்கப்பட வேண்டியது மின்னழுத்தமா, மின்னோட்டமா, அல்லது மின்தடையா என்பதைப் பொறுத்து தகுந்த நெடுக்கத்தில் சுவிட்சு S_1 பொருத்தப்பட வேண்டும்.

6.5.2. கேதோடு கதிர் ஆசிலாஸ்கோப் (CRO)

CRO எனச் சுருக்கமாக அழைக்கப்படும் கேதோடு கதிர் ஆசிலாஸ்கோப் (Cathode Ray Oscillcscope) எலக்ட்ரானியலில் பல பயன்களைத் தருகிறது. *CRO*-வின் முக்கிய உறுப்புகள் படம் 6-42-ல் காணப்படுகின்றன. *C* என்பது கேதோடு; இது மறைமுக முறையில் சூடேறி, எலக்ட்ரான்களை உமிழ்கிறது. கட்டுப்படுத்தும் கிரிடு *G* ஆகும். இதன் சார்பு மின்னழுத்தத்தை மாற்றிச் சீரமைக்கலாம். எனவே கிரிடு வழியாகக் கடந்து செல்கின்ற எலக்ட்ரான் கற்றையின் செறிவைக் கட்டுப்படுத்த இயலும். *C* மற்றும் *G* இரண்டுமாகச் சேர்ந்த அமைப்பு எலக்ட்ரான் 'கன்' (Electron gun) என்றழைக்கப்படுகிறது. உலோகத் குழாய் A_1 க்கு உயர்வான நேர் மின்னழுத்தம் செலுத்தப்படுகிறது; இதனால் *G*-யை விட்டு நீங்கும் எலக்ட்ரான்கள் முடுக்கப்படுகின்றன. A_1 மற்றும் A_2 என்பன உலோக உருளைக் குழாய்கள். இவை பொது அச்சு உடையன. A_2 மீதுள்ள மின்னழுத்தத்தைச் சீரமைத்து, ஒளிர்த்திரை *S* மீது எலக்ட்ரான்கள் கற்றையை குவியப் படுத்தலாம். எலக்ட்ரான் கற்றையானது திரை *S* மீது விழும்பொழுது திரைமீது ஓர் ஒளிப்புள்ளி தோன்றுகிறது.



படம் 6-42

கேதோடு கதிர் ஆசிலாஸ்கோப் (CRO)

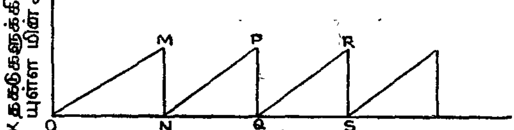
A_2-வை விட்டு நீங்கிச் செல்லும் எலெக்ட்ரான் கற்றை திரைமீது விழுமுன் இரண்டு சோடி விலக்கத் தகடுகளுக் கிடையே புகுந்து செல்கிறது. *Y-Y'* என்ற ஒரு சோடித் தகடுகள் செங்குத்தாக விலக்கம் தருகின்றன. எனவே அவை 'செங்குத்து விலக்கத் தகடுகள்' என அழைக்கப்படுகின்றன. மற்றொரு சோடித் தகடுகள் *X-X* என்பன. இவை எலக்ட்ரான் கற்றையைக் கிடக்கையான தளத்தில் விலக்குவதால் 'கிடக்கை விலக்கத் தகடுகள்' எனப்படுகின்றன.

Y-Y தகடுகளுக்கிடையே *a.c* மின்னழுத்தம் செலுத்தப்பட்டால், எலக்ட்ரான் கற்றை மேலும் கீழுமாக விலக்கம் பெறுகிறது; எனவே திரைமீது ஒளிப்புள்ளி ஒரு செங்குத்துக் கோட்டை வரைகிறது. இது போலவே, *X-X* தகடுகளுக்கிடையே *a.c* மின்னழுத்தம் செலுத்தப்பட்டால் எலக்ட்ரான் கற்றை திரைமீது ஒரு கிடக்கைக் கோட்டினை வரையும்.

d.c மின்னழுத்தம் தகடுகளுக்கு செலுத்தப்பட்டால், ஒளிப்புள்ளியானது செங்குத்தாக (*Y-Y*) அல்லது கிடக்கையாக (*X-X*) இடம் பெயரும். இடப்பெயர்ச்சியானது செலுத்தப்படும் மின்னழுத்தத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் உள்ளது. இவ்வாறு *a-c* அல்லது *d-c* மின்னழுத்தங்களை அளக்க *CRO* பயன்படுகிறது.

மின்னோட்டத்தை அளக்கவும் *CRO*-வைப் பயன்படுத்தலாம். அந்த மின்னோட்டம் ஒரு மின்தடை வழியாகச் செலுத்தப்படும். இந்த மின்தடையின் முனைகளிடையே கிடைக்கும் மின்னழுத்த வேறுபாடு *CRO* தகடுகளுக்குச் செலுத்தப்படும். தெரிந்த வலிமையுடைய மின்னோட்டத்தைப் பயன்படுத்தி தொடக்கத்தில் அளவுக் குறியிடுகள் செய்யப்பட்டால் பின் எந்த மின்னோட்டத்தையும் அளக்க *CRO*-ஐப் பயன்படுத்தலாம்.

a.c மின்னழுத்தத்தின் அல்லது மின்னோட்டத்தின் அலை வடிவத்தை *CRO*-வின் திரைமீது தோன்றச் செய்யலாம். இதற்கென *X*-தகடுகளுக்கு ஒரு நேர் கோட்டுக் கால வடி (Linear Time Base)



படம் 6-43

இரம்பப்பல் மின்னழுத்தம்

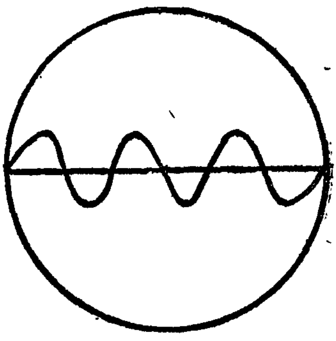
அல்லது இரம்பப்பல் மின்னழுத்தம் (Saw Tooth Voltage) செலுத்தப்படுகிறது. இரம்பப்பல் மின்னழுத்தத்தின் அலை வடிவம் படம் 6-43-ல் காணப்படுகிறது. இரம்பப்பல் மின்னழுத்தமானது, *O* முதல் *M* வரை நேர்ப்போக்கில் வளர்ந்து, அதன்பின் உடனடியாகச் சுழியாகிறது; பின்னர் மீண்டும் அது *N*-லிருந்து

P-வரை நேர்ப் போக்கில் வளர்கிறது; மீண்டும் உடனடியாகச் சுழியாகிறது. இது போல் மீண்டும் மீண்டும் நிகழ்வதே இரம்பப்பல் மின்னழுத்தம் எனப்படும்.

X-X தகடுகளுக்கு இரம்பப்பல் மின்னழுத்தம் செலுத்தப் படுவதாகக் கொள்க. இதனால் திரையில் ஒளிப்புள்ளி இடமிருந்து வலமாக மெல்ல நகர்கிறது; மின்னழுத்தம் பெருமம் (*M*) ஆகிற வரையில் ஒளிப்புள்ளி நகர்கிறது. பின்னர் மின்னழுத்தம் திடீரெனச் சுழியாவதால், ஒளிப்புள்ளி தொடக்கப் புள்ளிக்கு விரைந்து மீள்கிறது. மீண்டும் அது இடமிருந்து வலமாக மெல்ல நகரும். இதுபோல மீண்டும் மீண்டும் நிகழும்.

அலை வடிவமாகக் காண வேண்டிய *a.c.* மின்னழுத்தம் *Y-Y* தகடுகளுக்குச் செலுத்தப்படுகிறது. நிலையான அலை வடிவம் திரையில் தோன்ற வேண்டுமானால் நேர் கோட்டுக் காலவடிக்கும் *a.c.* மின்னழுத்தத்திற்கும் இசைவுப் பொருத்தம் (Synchronisation) தேவை. அத்துடன் *a.c.* மின்னழுத்தத்தின் அதிர்வெண்ணின் முழு எண் பின்னங் (Sub-multiple) களாக நேர்கோட்டுக் காலவடி அமைய வேண்டும். முழு எண் பின்னம் $\frac{1}{3}$ எனில் திரையில் 3 அலைகள் தெரியும்.

வெவ்வேறு அதிர்வெண்களுடைய இரண்டு *a.c.* மின்னழுத்தங்கள் இரண்டு சோடித் தகடுகளுக்குச் செலுத்தப்பட்டால் திரையில் தோன்றும் வடிவங்கள் லிசாஜோஸ் வடிவங்கள் (Lissajou's figures) எனப்படும். ஒரு மின்னழுத்தத்தின் அதிர் வெண் தெரிகிறது எனக் கொள்வோம். திரையில் தெரியும் வடிவத்தில் உள்ள கண்ணி (Loops)களின் எண்ணிக்கையிலிருந்து மற்றொரு மின்னழுத்தத்தின் அதிர்வெண்ணைக் கணக்கிடலாம். மாறாகப் பின்வரும் முறையைக் கையாளலாம்; ஒரு மின்னழுத்தத்தின் அதிர்வெண்ணை மாற்றியமைக்கலாம் என்று கொள்வோம். இந்த அதிர்வெண் மதிப்பு தெரிந்தது. திரையில் தெரியும் ஒரே யொரு கண்ணி மட்டும் (வட்டம், நீள்வட்டம் அல்லது நேர் கோடு) தெரிகின்ற வரையில் தெரிந்த அதிர்வெண்ணைச் சீரமைத்தால் தெரிய வேண்டிய அதிர்வெண் அதற்குச் சமமாகும்.



படம் 6-44

CRO-*a c*. மின்னழுத்த அலை வடிவம்

CRO-வின் பயன்கள்

1. a.c மற்றும் d.c மின்னழுத்தங்கள், மின்னோட்டங்களை அளத்தல்
2. அலை வடிவங்களை ஆய்வு செய்தல்
3. லிசாஜோஸ் வடிவங்களைப் பெறுதல்
4. a.c மின்னழுத்தம் அல்லது மின்னோட்டத்தின் அதிர்வெண்ணை அளத்தல்
5. மனித இதயத் துடிப்புகளை ஆய்வு செய்தல்
6. டெலிவிஷன் ஏற்பியிலும், ரேடாரிலும் காட்டியாகச் செயல்படுதல்

என்பன CRO-வின் சில பயன்கள் ஆகும்.

ஒலிப்பான்: மின்னாற்றலை முதலில் எந்திரவியல் ஆற்றலாக மாற்றிப் பின் ஒலி ஆற்றலாக மாற்றுகின்ற மின் - ஒலிச் சாதனம் ஒலிப்பான் ஆகும்.

தற்காலத்தில் தயாராகும் ஒலிப்பான்கள் மின் - இயக்க வகையினவாகும். காந்தப் புலத்தில் உள்ள ஒரு கம்பிச் சுருளில் மின்னோட்டம் பாயும்பொழுது சுருள்மீது ஓர் எந்திரவியல் விசை செயல்படுகிறது; இதுவே இச்சாதனத்தின் அடிப்படைத் தத்துவம் ஆகும். இக்கம்பிச் சுருளைக் **குரல் சுருள்** (Voice coil) என்றழைப்பது உண்டு. இக்கம்பிச் சுருளுடன் ஓர் இடைத்திரை அல்லது கூம்பு இணைந்துள்ளது.

மைக்ராஃபோனிலிருந்து சைகை மின்னழுத்தம் பெருக்கிக்குச் சென்று அங்குப் பெருக்கப்படுகிறது. பெருக்கப்பட்டபின் அது ஒலிப்பானிலுள்ள குரல் சுருளில் மாறுமின்னோட்டத்தைத் தூண்டுகிறது. இதனால், மின்னோட்ட வலிமைக்கேற்ப சுருள் மீது விசை செயல்படுகிறது. எனவே, இடைத்திரை அல்லது கூம்பு அலைவுறுகிறது. இந்த அலைவுகளின் வீச்சுகள் மின்னோட்ட மாறுபாடுகளுக்கேற்ப உள்ளன. எனவே இடைத்திரை அல்லது கூம்பின் அலைவுகளுக்கேற்ப ஒலி உரத்து எழுகிறது.

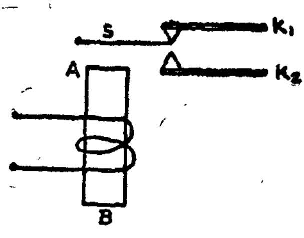
6.6. தனிவகைச் சாதனங்கள்

6.6.1. 'ரிலே' (Relay)

இது ஒருவகை 'சுவிட்சு' (Switch) ஆகும். இது எந்திரவியலாக அல்லது மின்னியலாக இயக்கப்படலாம். ஒரு குறிப்பிட்ட பயனுக்கென ஒரு ரிலேயைத் தேர்ந்தெடுப்பதில்

இரண்டு தகுதிகள் கவனிக்கப்படவேண்டும். இவை: (1) சுவிட்சு செயல்பட்டு ஏற்படுத்துகின்ற தொடர்பின் வகை மற்றும் (2) இந்த 'ரிலே'யைச் செயல் படுத்த எவ்வகையான ஆற்றல் கிடைக்கிறது என்பனவாம்.

சுவிட்சில் உள்ள நெம்புகோல் மின்காந்தத்தால் செயல் பட்டால் அது 'ரிலே' எனப்படும். இதன் முக்கிய உறுப்புகள் (1) தேனிரும்பு உள்ளகம், (2) கம்பிச்சுருள், (3) நெம்பு கோல்களும் வில்களும், மற்றும் (4) தொடுமுனைகள் என்பன. படம் 6-45ல் ஓர் எளிய 'ரிலே' காணப்படுகிறது. S என்பது ஒரு நெம்புகோல், இதனை அதனிடத்தில் வில்கள் அழுத்தி வைத்துள்ளன. எனவே படத்தில் S ஆனது K_1-ஐத் தொட்டிருக்கிறது; ஆகையால் $K_1 S$ என்ற சுற்று மூடப் பட்டிருக்கிறது. தற்பொழுது, மின்காந்தமான AB-யைச் சுற்றியுள்ள கம்பிச்சுருள் வழியே மின்னோட்டம் பாய்ச்சினால் AB காந்தமாகி விடும். இது நெம்புகோல் S-ஐ ஈர்க்கும். S கீழே நகர்ந்து K_2-ஐத் தொடும்; இதனால் K_2S



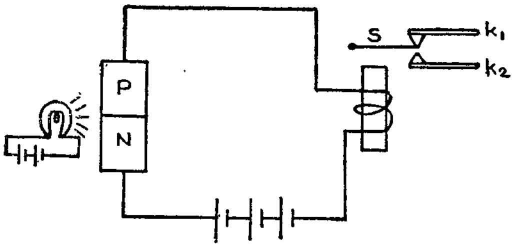
படம் 6-45
ரிலே

என்ற சுற்று பூர்த்தியாகும்; K_1S என்ற சுற்று திறக்கப்படும்.

6.6.2. ஃபோட்டோ டையோடுகள் (Photodiodes)

மின்சுற்றுகளைப் பூர்த்தி செய்யும் சுவிட்சுகளாகப் போட்டோ டையோடுகள் பயன்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக, தெரு விளக்குகளுக்கான சுற்றினைப் பூர்த்தி செய்யப் பயன்படு கின்றன. படம் 6-46 காண்க. இதனில் க ாணப்படும் PN சந்திக்குத் திருப்புச் சார்பு தரப்பட்டுள்ளதால் சுற்று வழியாக மின்னோட்டம் பாய்வதில்லை. ஆகவே நெம்புகோல் SK_1 என்ற நிலையில் உள்ளது. S-க்கும் K_1-க்கும் தொட ராக தெருவிளக்குகள் உள்ளன என்போம். காலையில் சூரிய ஒளியானது PN சந்திமீது விழட்டும்; எலக்ட்ரான்கள் ஒளியி லிருந்து ஆற்றலைப் பெறுகின்றன. எனவே PN சந்தி அதிக

மாக மின் கடத்துகிறது. இந்த மின்னோட்டம் மின்காந்தச் சுருள் வழியாகப் பாய்கிறது. எனவே மின்காந்தம் S-ஐ இழுக்கிறது. ஆகையால் SK_1 என்ற சுற்று திறக்கப்படும்; S என்பது K_2ஐத் தொட்டிருக்கும். மாலையில் சூரியன் மறையும் பொழுது, PN சந்தியின் மின்னோட்டம் நின்று

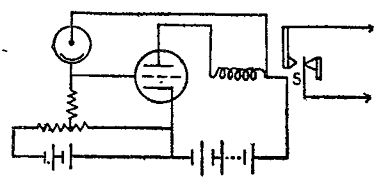


படம் 6-46
போட்டோ டையோடு ரிலே

விடுவதால் நெம்புகோல் S ஆனது B-ஐத் தொடும் நிலைக்குத் திரும்பிவிடும். இதனால் தெருவிளக்குகள் சுற்று தானாகவே மூடப்பட்டு, விளக்குகள் எரியும்.

6.6.3. ஒளி மின்கல 'ரிலே' (Photo Cell Relay)

வெற்றிடக் குழாய் ஒளிமின்கலத்தில் ஒரு குழிவான் கேதோடு உள்ளது. இந்த கேதோடின் குழிவான தளத்தின் மீது சீசியம் (அல்லது குறைந்த வெளியேற்று ஆற்றல் உடைய பொருள்) படலமாகப் பூசப்பட்டுள்ளது. ஆனோடாக ஒரு



படம் 6-47
ஒளிமின்கல ரிலே

மெல்லியக் கம்பி செயல்படுகிறது. குழிவான கேதோடினுடைய அச்சு போல கம்பி உள்ளது.

கேதோடு ஒளிமின் விளைவு தரக்கூடியது. இதன்மீது ஒளி விழும்பொழுது எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படுகின்றன.

படுகின்ற ஒளியின் செறிவும் ஒளி மின்னோட்டமும் நேர் விகிதத்திலுள்ளன. படம் 6-47-ல் டிரையோடைப் பயன் படுத்தும் ஒளி மின்கல 'ரிலே' காணப்படுகிறது. டிரை யோடில் ஆனோடு மின்னோட்டம் சுழியாகும் வகையில் கிரிடுக்கு எதிர் மின்னழுத்தம் தரப்பட்டுள்ளது. ஒளிமின்கல கேதோடுமீது ஒளி விழும்பொழுது எலக்ட்ரான்கள் உமிழப்படு கின்றன. இதனால் கிரிடினுடைய மின்னழுத்தம் நேர்த் திசையில் உயர்கிறது. எனவே ஆனோடு மின்னோட்டம் மின் காந்தச் சுருள் வழியாகப் பாய்கிறது. ஆதலால் இரும்பு உள்ளகம் காந்தமடைந்து சுவிட்சு S மூடப்படுகிறது. இதே சுற்றினைத் தகுந்தவாறு மாற்றியமைத்து, மின்னோட்டம் பாய்ந்து கொண்டிருக்கிற ஒரு சுற்றினைத் திறக்கவும் பயன்படுத் தலாம்.

6.6.4. தொலைக் கட்டுப்பாட்டு சுவிட்சுகள் (Remote Control Switches)

இராக்கெட்டுகளிலும், ஏவுகணைகளிலும் (Missiles), தொலைவில் நிகழும் நிகழ்ச்சிகளை உணரும் கருவிகளிலும் (Remote Sensors) இந்த சுவிட்சுகள் பயன்படுகின்றன. ரேடியோ அதிர்வெண் சைகை ஒன்று பரப்பப்படுகிறது. இந்த அதிர்வெண்ணுக்கு இசைவிக்க இசைவுச் சுற்று ஒன்று இராக் கெட்டில் வைக்கப்பட்டிருக்கும். இச்சுற்றில் ரேடியோ சைகை கிடைத்தவுடன் ஒரு மின்னழுத்தம் ஏற்படும். இது பெருக்கப் பட்டு பின்னர் திருத்தப்படுகிறது. எனவே நேர்த்திசை மின் னோட்டம் ஒரு 'ரிலே'யைச் செயல்படுத்துகிறது. மின்சுற்று தேவைக்கேற்ப மூடப்படும் அல்லது திறக்கப்படும்.

6.6.5. நிக்சி குழாய்கள் (Nixie Tubes)

பல எலக்ட்ரானியல் கருவிகளில் - எடுத்துக் காட்டாக கம்ப்யூட்டர், மற்றும் பல அளக்கும் கருவிகள் - நாம் படிக்கிற வகையில் எண்களை காட்ட இயலும். இதற்கு உதவுவது 'நிச்சி' குழாய் ஆகும். நிச்சி குழாய் நியான் வாயு நிரப்பப் பட்டது. குழாயில் 10 கிரிடுகள் உள்ளன. ஒவ்வொரு கிரிடும் ஒரு குறிப்பிட்ட எண் வடிவத்தில் உள்ளது. தேவையான மின் னழுத்தம் ஒரு குறிப்பிட்ட கிரிடுக்குச் செலுத்தப்பட்டால் நியான் வாயுவில் மின்போக்கு நிகழ்கிறது. எனவே அக் குறிப்பிட்ட கிரிடு ஒளிர்ந்து தேவையான எண் கிடைக்கிறது. இக் குழாய் ஒளிர்வதற்கு மின்னழுத்தம் 175 V தேவை என்பது இவ்வகைக் குழாய்களின் குறை ஆகும். ஆயினும், அளவில்

பெரிதாக இருப்பதால் காட்சியியலில் (Field of display) அதிக அளவில் பயன்படுகிறது.

6.6.6. ஒளியை உமிழ்கின்ற டையோடுகள் (Light Emitting Diodes-LED)

LED என்பது ஒரு *PN* சந்தி டையோடு. இதற்கு முன்னோக்கிச் சார்பு அளிக்கப்படும்பொழுது அது ஒளியை உமிழ்கிறது. *LED* ஒரு திண்ம நிலைச் சாதனம் (Solid State Device) முன்னோக்கிச் சார்பு உள்ளபொழுது எல்லா *PN* சந்திகளும் ஒளியை உமிழ்வதில்லை. ஒரு சில திண்ம நிலை *PN* சந்திகளே ஒளியுமிழும். எடுத்துக்காட்டாக காலியம்-ஆர்செனிக் (*GaAs*) சிறுபான்மை மின்னூட்டந் தாங்கிகளைச் சந்திக்குள் செலுத்துகிறது. இந்தச் சந்தியில் எலக்ட்ரான்களும் மின் துளைகளும் மீண்டும் இணையும் பொழுது ஃபோட்டான்கள் உமிழப்படுகின்றன. உமிழப்படும் ஃபோட்டான்களின் அலைநீளம்

$$\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$$

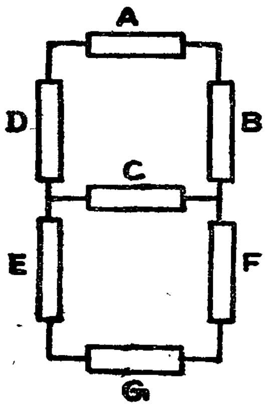
ஆகும்; இங்கு h = பிளாங்க் மாறிலி, c = ஒளியின் திசைவேகம், ΔE = ஆற்றல் வேறுபாடு.

காலியம் - ஆர்செனிக்குக்கு $\Delta E = 1 \cdot 4\ eV$ எனவே $\lambda = 900\ nm$ ஆகும். அலைநீளம் $900\ nm$ கண்ணுக்குப் புலப்படாது. ஆனால் பாஸ்வரத்தைத் தகுந்த அளவில் *GaAs*-உடன் கலப்படம் செய்துவிட்டால். கட்புலனாகும் ஒளி உமிழப்படுகிறது. இவ்வாறு சிவப்பு, பச்சை, மஞ்சள் நிற ஒளியை உமிழும் டையோடுகள் (*LED*) தயாரிக்கப்படுகின்றன. *LED* மிகச்சிறிய பருமனுடையது. எனவே சிறிய இடத்தில் எத்தனை வேண்டுமானாலும் வரிசையாக வைக்கப்படலாம். *LED*-க்கள் உமிழ்கின்ற ஒளியின் செறிவைத் தேவைக்கேற்றபடி கட்டுப்படுத்தலாம். இவை புள்ளி போல சிறியதாக உள்ளன. எனவே எந்தச் சூழ்நிலைக்கும் தகுந்தவாறு இவற்றின் பொலிவைச் சீரமைக்கலாம். இவை மிகச் சீக்கிரமாகச் செயல்பட வல்லன. இவற்றை ஒரு சுவிட்சு கொண்டு இயக்கவும் நிறுத்தவும் இயலும்.

6.6.7. ஏழு துண்டு காட்சி (Seven Segment Display)

ஏழு *LED*-க்கள் *A, B, C, D, E, F, G* என்பன படம் 6-48 ல் காண்பதுபோல அமைக்கப்படுகின்றன. ஒவ்

வொரு LED-க்கும் 1·5V மின்னழுத்தமும், சுமார் 5 மி ஆ மின்னோட்டமும் தந்தால் போதுமான பொலிவு கிடைக்கும். காட்சியை எளிதில் அமைப்பதற்கேற்ற வகையில் தேவையான உறுப்புகள் திரண்ட சுற்றுகளாகக் (Integrated Circuits-IC) கிடைக்கின்றன. B-ம் F-ம் மின்கடத்தினால்



படம் 6-48

ஏழு துண்டு காட்சி

எண் - 1, ABCFG மின்கடத்தினால் எண்-3 கிடைக்கும். DCBF ஒளிர்ந்தால் 4-ம், DABCFG ஒளிர்ந்தால் 9-ம், EDABFG ஒளிர்ந்தால் சுழியும், ADCFG ஒளிர்ந்தால் 5-ம் கிடைக்கும். இதுபோல் பிறவுமாகும்.

கைக்கடிகாரங்கள், அளக்கும் கருவிகள் மற்றும் கணக்கிடும் கருவிகள் (Calculators) வரை பல கருவிகளில் LED-க்கள் பயன் படுகின்றன.

6.7. சைகைகளைப் பரப்புதலும் ஏற்றலும்

6.7.1. இசைவுச் சுற்றுகள் (Tuning Circuits)

உலகின் பல பாகங்களிலும் ஆயிரக்கணக்கான ஒலிபரப்பு நிலையங்கள் உள்ளன. இவை ஒவ்வொன்றும் சைகைகளை ஒலிபரப்புகின்றன. பல நிலையங்கள் ஒரே அதிர்வெண்ணில் ஒலிபரப்பினால், ஏற்பியல் அவ்வெல்லா நிலையங்களின் ஒலி

பரப்புகளும் ஒரே சமயத்தில் கேட்கப்படும்: ஆக குழப்பம் விளையும். இதைத் தவிர்ப்பதற்காக, வெவ்வேறு நிலையங்களுக்கு வெவ்வேறான குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்கள் ஒதுக்கப்பட்டுள்ளன; அதனதன் அதிர்வெண்ணில்தான் அந்தந்த நிலையம் ஒலிபரப்ப வேண்டும்.

ஒரு நிலையத்தின் அதிர்வெண்ணுக்கும் மற்றொன்றின் அதிர்வெண்ணுக்கும் வேறுபாடு 9kHz - வது இருக்கவேண்டும். இவை அனைத்து நாட்டினரின் ஒப்புதல் பெற்றவை.

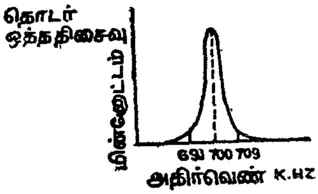
ஒவ்வொரு நிலையமும் அதற்கென ஒதுக்கப்பட்ட அதிர் வெண்ணுக்கு அதன் பரப்பியை இசைவு செய்ய வேண்டும். ஏற்பியானது கேட்பவரின் விருப்பத்திற்கேற்ற நிலையத்திற்கு இசைவு செய்யப்பட வேண்டும். எனவே இசைவு செய்யும் சுற்றுகள் எலக்ட்ரானியல் சுற்றுகளில் முக்கியப் பங்கு வகிக்கின்றன. எல்லா இசைவுச் சுற்றுகளிலும் மின்நிலைமங்களும் மின்தேக்கிகளும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. மின்நிலைமச் சுருளுக்கு மின்நிலைமம் தவிர மின்தடையும் உண்டு. எனவே இச் சுற்றுகளை LCR சுற்றுகள் என்பர். இப்படிப்பட்ட LCR சுற்று ஒரு குறிப்பிட்ட அதிர்வெண்ணில் மிகப் பெருமமான உணர்திறன் அடையுமாறு செய்யலாம். இவ்வாறு தேவையான அதிர்வெண்ணைத் தேர்ந்தெடுக்க உதவும் LCR சுற்று இசைவுச் சுற்று எனப்படும்.

ஒரு நல்ல ஏற்பிக்கு பின்கண்ட மூன்று பண்புகள் தேவை: (1) தேர்திறன் (Selectivity) (2) உணர்திறன் (Sensitivity) மற்றும் (3) முற்றிசைவு (Fidelity).

(1) பல்வேறு அதிர்வெண்களிலிருந்து தேவையான அதிர் வெண்ணைத் தேர்ந்தெடுத்து மற்ற அதிர்வெண்களை ஒதுக்கி விடுகின்ற பண்பு **தேர்திறன்** எனப்படும். தேர்திறனானது சுற்றினுடைய இசைவுச் சுற்றிலுள்ள LCR மதிப்புகளைச் சார்ந்து அமையும்.

X, Y, Z என்ற மூன்று நிலையங்களைக் கருதுவோம். இவை முறையே 691 kHz 700 kHz மற்றும் 709 kHz - களில் ஒலி பரப்புகின்றன. நமக்குத் தேவையான நிலையம் Y என்க. இந்த நிலையத்திற்கேற்ப இசைவுச் சுற்று 700 kHz க்கு இசைவு செய்யப்பட்டால், அதனில் மின்னோட்டம் பெருமமாகி, மற்ற இரண்டு அதிர்வெண்களால்

(X, Z) ஏற்படும் மின்னோட்டம் குறைவாகவே இருக்க வேண்டும். மின்னோட்டத்திற்கும் அதிர்வெண்ணுக்குமான வரைகோடு 700 *kHz*-ல் பெருமத்துடனும், 700 *kHz*-ன் இருமருங்கிலும் மிகச் சரிவாகவும் இருக்கவேண்டும். அத்துடன் மின்னோட்டத்தின் உச்ச மதிப்பு உயர்வாக இருத்தல் வேண்டும். சுற்றில் மின்தடை *R* மிகக் குறைவாக இருப்பின் மின்னோட்டமும் உயர்வாகக் கிடைக்கும். *L/CR* மதிப்பு உயர்வாக இருந்தால், தேர்திறனும் இயைவுக் கூர்மையும் அதிகமாகக் கிடைக்கும் [படம் 6-49].



படம் 6-49

LCR இசைவுச் சுற்று-தொடர் இணைப்பு

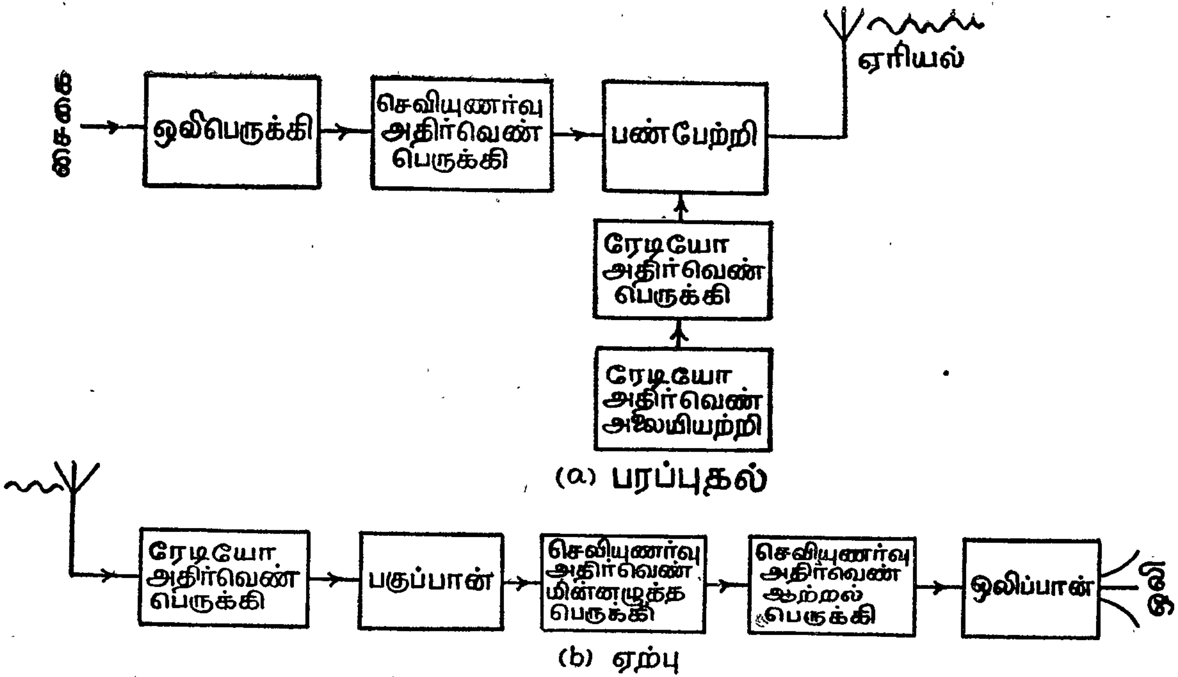
தேவையான நிலையத்தின் சைகை வலிமையாகவும், தேவையில்லாத நிலையத்தின் சைகை மெலிந்தும் பெறப்பட்டால், ஏற்பியின் தேர்திறன் அதிகமாகும். இசைவுப் பொருத்தத்தில் சிறிதே மாற்றம் ஏற்பட்டாலும் மின்னோட்டம் மிகவும் குறைந்து, சைகை கேட்கப்படவில்லை யென்றால் ஏற்பியின் இயைவுக் கூர்மை அதிகமென்றறிக.

(2) மிக மெல்லிய சைகைகளையும்—அதாவது, நெடுந்தொலைவில் உள்ள நிலையங்களையும்—நன்கு வெளியிடும் ஏற்பி உயர்வான உணர்திறன் உடையது. பெருக்கி அடுக்குகள் அதிக எண்ணிக்கையில் இருப்பின் உணர்திறன் உயர்வாகும்.

(3) சைகையைக் குலைவுகளின்றி வெளியிடும் ஏற்பிக்கு முற்றிசைவு உண்டு.

6.7.2. ரேடியோ சைகைகளைப் பரப்புதல்

மைக்ராஃபோனுக்கு முன்னால் ஒருவர் பேசுகிறார் அல்லது பாடுகிறார். இதுவே, ஒலிபரப்பப்பட வேண்டிய சைகை.



படம் 6-50
ரேடியோ சைகைகளைப் பரப்புதலும், ஏற்பும்

இச்சைகையின் ஒலிச் செறிவு வேறுபாடுகளை மைக்ரஃபோன் மாறுமின்னோட்டமாக மாற்றுகிறது. மைக்ரஃபோனின் வெளியீட்டுச் சுற்றில் உள்ள மின்னெதிர்ப்பில் மாறுமின்னோட்டம் பாய்ந்து அதன் முனைகளில் மாறு மின்னழுத்தத்தைத் தோற்றுவிக்கிறது. இந்த மாறு மின்னழுத்தம் செவியுணர் அதிர்வெண்களில் அமையும். இதனை *AF* பெருக்கிகள் பெருக்குகின்றன. ஒலிபரப்பு நிலையத்துக்கென ஒதுக்கப்பட்ட *RF* அதிர்வெண் உடைய ஊர்தி அலைவுளை ஓர் அலையியற்றி தோற்றுவிக்கிறது. இதனை *RF* பெருக்கி பெருக்குகிறது. பெருக்கப்பட்ட *RF* அலைவுகளும் *AF* அலைவுகளும் அலைபண்பேற்றம் செய்யும் குழாய்க்குச் செலுத்தப்படுகின்றன. இக்குழாயில் *RF* அலைவுகள் அலைப்பண்பேற்றம் பெறுகின்றன. அலைப் பண்பேற்றம் பெற்ற *RF* அலைவுகள் அன்டென்னாவுக்கு ஊட்டப்பட, அவை மின்காந்த அலைகளாக வெளியிடத்தில் பரவுகின்றன. (படம் 6-50 (a) ல்) காண்க)

6.7.3. ஏற்பு

வானொலி பெட்டியின் இசைவுச் சுற்றினைத் தேவையான அதிர்வெண்ணுக்கு ஒருவர் இசைவு செய்கிறார். வானில் பரவிவரும் *RF* மின்காந்த ஏற்பியின் ஏரியலில் மின்னழுத்தத்தைத் தூண்டுகின்றன. இந்த அலைகள் அலைப்பண்பேற்றம் உடையவை. இவை தூண்டும் மின்னழுத்தத்தின் அதிர்வெண் *RF* அலைகளின் அதிர்வெண்ணுக்குச் சமம். தூண்டப்படும் இந்த மின்னழுத்தத்தின் மதிப்பு *RF* அதிர்வெண்ணில் மாறுகிறது. இவை *RF* பெருக்கிகளால் பெருக்கப்படுகின்றன. இவை சுமந்து வரும் *AF* சைகைகளை அலைப் பண்பிறக்கி பிரித்தெடுக்கிறது. பிரிக்கப்பட்டபின், *AF* சைகைகளை *AF* மின்னழுத்தப் பெருக்கிகள் பெருக்குகின்றன. பின்னர் சைகைகள் *AF* திறன் பெருக்கியால் பெருக்கப்பட்டு ஒலிப்பானை இயக்குவதற்குத் தேவையான ஆற்றலைப் பெறுகின்றன. இதனால் ஒலிப்பானில் *AF* சைகை மின்னோட்டம் பாய்கிறது. எனவே ஒலிப்பானின் மென்தகடு (Diaphragm) அதிர்வுற்று ஒலி எழுப்புகிறது. மென்தகட்டின் அதிர்வுகளின் வீச்சானது சைகை மின்னோட்டத்தின் வலிமைக்கேற்ப அமைவதால் சைகை முற்றிலும் ஒலியாக மாற்றப்படுகிறது (படம் 6-50 b).

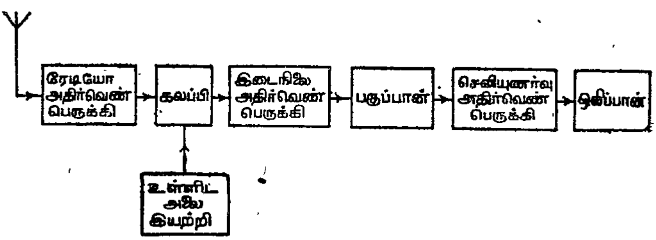
6.7.4. கலக்கிப் பிரிக்கும் ஏற்பி (Superheterodyne Receiver)

நேர் ஏற்பி (Straight Set) யின் தேர்திறன் குறைவாகும். *RF* பெருக்கியின் பெருக்குதிறன் அதிர்வெண்ணைச்

சார்ந்து அமைகிறது. எனவே பல RF அதிர்வெண்களை ஒரே பெருக்கி நன்கு பெருக்கம் செய்ய இயலாது. ஆனால் குறிப்பிட்ட ஒரேயோர் இடைநிலை RF அதிர்வெண்ணை நன்கு பெருக்கம் செய்யக்கூடிய ஒரு RF பெருக்கியை அமைத்தல் எளிதாகும். அத்துடன், குறிப்பிட்ட அலை நெடுக்கத்தை நல்ல முறையில் தன்வழியே செலுத்தவல்ல, அதே சமயத்தில் பெருக்கவும் வல்ல IF மின்மாற்றிகளை அமைக்கலாம். எனவே ஓர் இடைநிலை அடுக்கினை (Intermediate Stage)ப் புகுத்துவதால் ஏற்பியின் தேர்திறனையும், முற்றிசைவையும் உயர்த்தலாம். அதிர்வெண் அலைப் பண்பேற்றம் பெற்ற RF அலைவுகளை ஏற்பதில் **கலக்கிப் பிரிக்கும்** முறை பெரிதும் பயன்தருகிறது.

ஏற்பியின் ஏரியலில் தூண்டப்படும் RF மின்னழுத்தத்தினை இசைவு செய்யப்பெற்ற RF பெருக்கிகள் பெருக்குகின்றன. ஏற்பியின் உள்ளேயே ஒரு RF அலையியற்றி உண்டு: இது சைன்வடிவ RF அலைவுகளைத் தோற்றுவிக்கும். இந்த RF அலைவுகளும் ஏரியல் வழியாகப் பெறப்பட்ட RF அலைவுகளும் கலக்கப்படுகின்றன.

அக அலையியற்றியின் அதிர்வெண்ணான f_o, ஏற்கப்படும் RF அதிர்வெண்ணான f_c-ஐ விட 465 kHz அதிகமாக அமையட்டும். 465 kHz என்பது இடைநிலை அதிர்வெண் (IF) ஆகும். இரண்டு அலைவுகளையும் கலக்குகின்ற கலக்கியின் வெளியிட்டு அதிர்வெண் $(f_o - f_c)$ ஆகும். கலக்கியின்



படம் 6-51

கலக்கிப் பிரிக்கும் சூப்பர்ஹெட் ஏற்பி

வெளியீடு, இசைவு செய்யப்பட்ட IF பெருக்கிக்கு ஊட்டப்பட, அங்குப் பெருக்கம் அடைகிறது. இதன் பின்னர் அலைப் பண்பிறக்கியில் AF சைகை மட்டும் பிரிக்கப்படுகிறது.

பின்னர் *AF* சைகையானது *AF* மின்னழுத்தப் பெருக்கி களாலும் *AF* திறன் பெருக்கியாலும் பெருக்கப்பட்டு ஒலிப் பானுக்கு செலுத்தப்படும். இக்கருத்துகள் கலக்கிப் பிரிக்கும் ஏற்பியின் தத்துவ விளக்கப் படத்தில் (படம் 6-51) காணப் படுகின்றன.

6.8 தொலைக் காட்சி

காட்சிகளையும் பிம்பங்களையும் தொலை தூரத்தில் தெரியுமாறு செய்வது டெலிவிஷன் 'அல்லது **தொலைக்காட்சி** எனப்படும். தொலைவிலுள்ள பார்வையாளருக்கு ஒரு காட்சியைத் திரைப்படம் போலக் காட்டுவதற்கு ஒரு செகண்டில் முப்பது பிம்பங்கள் பரப்பப்பட்டு மீண்டும் தோற்றுவிக்கப்படு கின்றன. பார்வை நீட்டிப்பு காரணமாகத் திரையில் இயக்கம் நிகழ்வதாகத் தோன்றுகிறது.

6.8.1. பொதுத் தத்துவம்

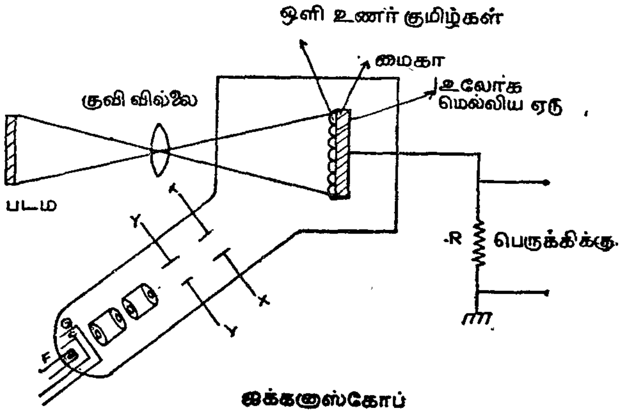
பிம்பங்களைப பரப்புவதற்கு முக்கியத் தேவை ஒரு **டெலி விஷன் கேமரா.** பொருளில் அல்லது பிம்பத்தில் உள்ள பொலிவு வேறுபாடுகளை மின்னழுத்த வேறுபாடுகளாக டெலிவிஷன் கேமரா மாற்றித் தருகிறது. இந்த மின்னழுத்தங்கள் பெருக்கப் பட்டு; ஊர்தி அலைக்கு அலைப்பண்பேற்றம் செய்கின்றன. பின்னர் ஊர்தி அலை பரப்பப்படுகிறது. காட்சியில் தோன்றும் ஒலியும் இது போலவே தகுந்த அளவு பெருக்கம் செய்யப்பட்டு பரப்பப்படுகிறது.

காட்சியையும் ஒலியையும் சுமந்து வருகின்ற ரேடியோ அலைகள் ஏற்பியால் பெருக்கப்படுகின்றன. பின்னர், கலக்கிப் பிரித்தல் முறையில் இடைநிலை அதிர்வெண் அலைவுகளாக மாற்றப்படுகின்றன. பின்னர் காட்சிக் கூறுகளும், ஒலிக் கூறு களும் தனித்தனியே அலைப்பண்பிறக்கியால் பிரிக்கப்படுகின் றன. ஒலிக்கூறுகள் பெருக்கம் அடைந்து ஒலிப்பானை இயக்கு கின்றன. காட்சிக் கூறுகள் மற்றொரு அலைப் பண்பிறக்கிக்குச் செல்கின்றன. இவற்றிலிருந்து படத்திற்கான அலைவுகளும், இசைவு செய்யும் துடிப்புகளும், தடுக்கும் துடிப்புகளும் தனித் தனியாகப் பெறப்படுகின்றன. இசைவு செய்யும் துடிப்புகள் இரு வகையானவை. ஒன்று ஏற்பிக் குழாயில் கிடைக்கை விலக்கத்தையும், மற்றது செங்குத்து விலக்கத்தையும் கட்டுப்

படுத்துவன. இவை முறையே கிடை விலக்கத் தகடுகளுக்கும், குத்து விலக்கத் தகடுகளுக்கும் செலுத்தப்படும். தடுக்கும் துடிப்புகள் (Blanking Pulses) ஏற்பிக் குழாயின் கட்டுப்படுத்தும் கிரிடுக்குச் செலுத்தப்படுகின்றன. ஏற்பிக் குழாய் அல்லது படக்குழாய் (Receiver Tube or Picture Tube) என்பது ஒரு கேதோடு கதிர்குழாய் ஆகும். படத்தை தோற்றுவிக்க வேண்டிய துடிப்புகள் கிரிடுக்குச் செலுத்தப்படுகின்றன. மின்னழுத்தம் உயர்வானால் அதிக எலக்ட்ரான்கள் வெளியேறி திரைக்குச் செல்லும். மின்னழுத்தம் குறைவானால், குறைவான எலக்ட்ரான்கள் திரைக்குச் செல்லும். எனவே திரைமீது ஏற்படும் ஒளிப்புள்ளியினுடைய பொலிவும் மாறிவரும். ஆகையால் படம் திரையில் தெரிகிறது.

6.8.2. ஐகனாஸ்கோப் (Iconoscope)

இதனில் **மொசைக்** என்றழைக்கப்படும் ஒரு தளம் உண்டு. இந்த மொசைக் ஒளிமின் உணர்வு உடையது. மொசைக் தளத்தின் மீது காட்சியின் பிம்பம் லென்சினுதவியால் வீழ்த்தப்படுகிறது. மெல்லிய மைக்கா ஏட்டின் ஒரு தளத்தின் மீது சீசியம் - வெள்ளிப் படலம் பூசப்பட்ட மிகச்சிறிய ஆயிரக்



படம் 6-52
ஐகனாஸ்கோப்

கணக்கான குமிழ்கள் சேர்ந்து அமைவது மொசைக் ஆகும். மைக்கா ஏட்டின் மறுபுறத்தின்மீது கிராஃபைட் ஏடு பூசப்பட்டுள்ளது. மொசைக் மீது பிம்பம் விழும்பொழுது, ஒவ்வொரு

குமிழும் தன்மீது விழுகின்ற ஒளியின் செறிவுக்கேற்ப எலக்ட்ரான்களை உமிழும். எனவே ஒவ்வொரு குமிழும் நேர்மின்னூட்டம் பெற்றதாகிறது.

ஒவ்வொரு குமிழியும் ஒரு சிறிய இணைத்தகடு மின்தேக்கியாகும். மைக்கா ஒரு மின்கடத்தாப்பொருள். இதன் ஒரு புறத்தில் சீசியம் - வெள்ளியும், மறுபுறத்தில் கிராபைட்டும் உள்ளன. இவ்விரண்டும் மின்கடத்திகளாகும். எனவே ஒவ்வொரு குமிழும் மின் தேக்கியாகச் செயல்படுகிறது. சீசியம் - வெள்ளி எலக்ட்ரான்களை உமிழ்ந்ததால் நேர்மின்னூட்டம் பெற்றுள்ளது. தற்பொழுது ஓர் எலக்ட்ரான் கற்றை மொசைக் மீது விழட்டும். குமிழ் தான் இழந்துவிட்ட எலக்ட்ரான்களை, எலக்ட்ரான் கற்றையிலிருந்து மீண்டும் பெற்றுக் கொள்கிறது. இதனால் மின்தேக்கியானது மின்னிறக்கம் செய்தது போலாகும். R என்ற பளுமின்தடை குமிழின் பின் பக்கத்திலுள்ள கிராஃபைட்டுடன் இணைந்துள்ளது. ஒவ்வொரு மின்தேக்கியும் மின்னிறக்கம் செய்யும்பொழுது பளு R வழியே மின்னோட்டம் நிகழும்.

எலக்ட்ரான் கற்றை, மொசைக் மீதுள்ள பிம்பத்தின்மீது இடமிருந்து வலமாக, வரி வரியாக நகரும்பொழுது அடுத்தடுத்த மின்தேக்கிகள் வரிசையாக மின்னிறக்கம் செய்கின்றன. எனவே R-வழியே மாறுமின்னோட்டம் ஏற்படுகிறது. மாறு மின்னோட்டத்தின் வலிமை, பிம்பத்தின் பொலிவுக்கேற்ப மாறிக்கொண்டேயிருக்கும். R-ன் முனைகளிடையே தோன்றும் மின்னழுத்தம் பெருக்கப்பட்டு, அலைப்பண்பேற்றம் செய்து பரப்பப்படும்.

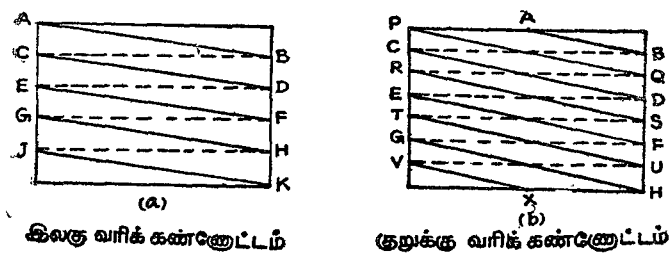
6.8.3. வரிக்கணவோட்டம் (Scanning)

ஐகனாஸ்கோப்பிலுள்ள இரண்டு சோடி விலக்கத்தகடுகளும் ஒருமித்துச் செயல்படுகின்றன. எனவே எலக்ட்ரான் கற்றை இடமிருந்து வலமாகச்செல்லும் பொழுது அதன் பாதை சிறிது சரிவாகவே இருக்கும் (முற்றிலும் கிடக்கையாக இராது). கற்றையின் முனை வலதுகோடியை அடைந்தவுடன் மீவிரைவாக இடது பக்கத்திற்குத் திரும்பி, அடுத்த வரியைத் தொடங்கும். கிடைக்கை விலக்கத்தகடுகளுக்கு இரம்பப்பல் மின்னழுத்தம் செலுத்தப்படுவதால் எலக்ட்ரான் கற்றை வரிக்கண்ணோட்டமிடுகிறது. கற்றையானது வலமிருந்து மீளும் பொழுது அது எந்த விளைவையும் தராதவாறு குருடாக்கப்பட வேண்டும். இதற்கென, அச்சிறு கணத்தில் கட்டுப்படுத்தும்

கிரிடுக்கு உயர்ந்த எதிர் மின்னழுத்தம் செலுத்தப்படுகிறது. எனவே எலக்ட்ரான்கள் முற்றிலுமாகத் தடுக்கப்படுகின்றன. அடுத்து இரண்டாவது வரி தொடங்கும். இவ்வாறு முழுப் படமும் அல்லது பிம்பமும் வரிக்கண்ணோட்டமிடப்படுகின்றது. வரிக்கண்ணோட்டம் மீண்டும் நிகழ, தற்பொழுது கற்றை மீண்டும் படத்தின் உச்சிக்குத் திரும்பவேண்டும். இதற்கெனக் குத்து விலக்கத் தகடுகளுக்கு இரம்பப்பல் மின்னழுத்தம் செலுத்தப்படுகிறது.

ஒவ்வொரு வரிக்கும் இசைவுப்பொருத்தம் (Synchronisation) தேவை. ஒவ்வொரு சட்டத்திற்கும் (frame) இசைவுப்பொருத்தம் தேவை; அத்துடன், குருடாக்கும் தடுக்கும் , துடிப்புகளுக்கும் இசைவுப் பொருத்தம் தேவை. இவையனைத்திற்கும் தேவையான துடிப்புகள் (துடிப்பு மின்னோட்டங்கள் - Pulses) அனைத்தும், கண்ணுறு பெருக்கியின் (Video Amplifier) வெளியீட்டோடு சேர்த்து *RF* ஊர்தி அலைமீது சுமத்தப்படுகின்றன. அதனுடன் ஒலியும் அதிர்வெண் பண்பேற்றம் செய்யப்பெற்று பரப்பப்படுகிறது. கண்ணுறு சைகை, செவியுணர் சைகை இரண்டும் ஒரே அன்டெனாவிலிருந்து பரப்பப்படுகின்றன.

படம் அல்லது பிம்பச் சைகையின் அதிர்வெண் மெகா ஹெர்ட்சுகளில் உள்ளது. எனவே டெலிவிஷனில் ஊர்தி அலையின் அதிர்வெண் மீமீ உயர்வாக உள்ளது. இதனால், பல டெலிவிஷன் நிலையங்கள் செயல்பட இயல்கிறது.



படம் 6-53

வரிக்கண்ணோட்டம்

பின்னிய வரிக்கண்ணோட்டத்தில், முதலில் *AB, CD, EF, GH,* என்ற பாதையில் செல்கிறது. அடுத்து மீண்டும்

உச்சியிலிருந்து *PQ*, *RS*, *TU*, *VX* என்ற பாதையில் செல்கிறது. கடைசியாக *X*-லிருந்து குத்துவிலக்கம் தரும் இரம்பப்பல் மின்னழுத்தத்தால் *A*-க்குச் சென்று மீண்டும் வரிக்கண்ணோட்டம் தொடங்குகிறது.

ஒரு செகண்டில் 25 சட்டங்கள் வீதம் வரிக்கண்ணோட்டம் நிகழ்கிறது. எனவே பார்வை நீட்டிப்பின் காரணமாகப் படங்கள் தொடர்ச்சியாகக் காணப்படுகின்றன.

பிரிட்டிஷ் டெலிவிஷனில் ஒரு சட்டத்தில் 405 வரிகள் உள்ளன; ஒரு செகண்டில் 25 சட்டங்கள் வீதம் வரிக்கண்ணோட்டம் நிகழ்கின்றது. அமெரிக்க டெலிவிஷனில் ஒரு சட்டத்திற்கு 525 வரிகளும் ஒரு செகண்டில் 30 சட்டங்கள் வீதம் வரிக்கண்ணோட்டம் நிகழ்கிறது. படத்தின் அகலத்திற்கும் உயரத்திற்கும் உள்ள விகிதம் 4:3 ஆகும். எனவே ஒரு செகண்டில் எத்தனை தடவை ஒரு மொசைக் குமிழ் கண்ணோட்டமிடப்படுகிறது என்பதைப் பின்வருமாறு கணக்கிடலாம்:

$$\text{வரிக் கண்ணோட்ட அதிர்வெண்} = 525 \times \frac{4}{3} \times 525 \times 30$$

$$= 11025000 = 11\ MHz.$$

என்வே டெலிவிஷன் நிலையங்கள் மீ உயர் அதிர்வெண்களில் செயல்படுகின்றன. ஒவ்வொரு நிலையத்திற்கும் ஒதுக்கப்பட்ட தட அகலம் (Channel Width) 6 *kHz* ஆகும்.

மீ மீ உயர்வான அதிர்வெண் அலைகள் அயனிமண்டலத்தைத் துளைத்துக்கொண்டு சென்றுவிடும். ஆகையால் வான் அலைகளைக் கொண்டு தொலைக்காட்சி பரப்ப (Telecasting) இயலாது. எனவே ஒரு டெலிவிஷன் நிலையத்தின் ஆட்சிப் புலம் சுமாராக 80 கி மீட்டர் ஆரமுடையது. நெடுந் தொலைவுகளுக்குத் தொலைக்காட்சி அனுப்ப, டெலிவிஷன் அஞ்சல் நிலையங்கள் உதவுகின்றன.

பயிற்சிகள்

1. டிரையோடின் அமைப்பினை விவரிக்க. தகுந்த சுற்றினை நல்ல முறையில் வரைந்து, டிரையோடின் நிலைச் சிறப்பு வரைகளை எவ்வாறு பெறலாம் என விவரிக்க.

2. டிரையோடின் மாறிலிகள் யாவை? அவற்றை எங்ஙனம் நிர்ணயிக்கலாம்?

3. சந்தி டிரான்சிஸ்டரின் அமைப்பை விவரிக்க. அதன் செயல்பாட்டினை விளக்குக.

4. ஒரு டிரான்சிஸ்டரின் சிறப்புக் குணகங்கள் (Parameters) யாவை? (a) பொது அடிவாய் இணைப்புக்கு (b) பொது உமிழ்ப்பான் இணைப்புக்கு மேற்சொன்ன சிறப்புக் குணகங்களை எவ்வாறு நிர்ணயிக்கலாம்?

5. ஒரு டிரையோடின் அமைப்பை விவரிக்க. பெருக்கு எண், ஆனோட் மின்தடை மற்றும் பரிமாற்றுக் கடத்து திறன் என்ற பதங்களை விளக்குக.

6. ஒரு டிரான்சிஸ்டருடைய நிலைச்சிறப்பு வரைகளை வரையவும் அதன் இயல்புகளை அறியவும் உதவுகின்ற சோதனையை விவரிக்க. அதனுடைய மின்னோட்டப் பெருக்கு திறனை எவ்வாறு நிர்ணயிக்கலாம்?

7. (1) ஒரு டிரையோடு (2) ஒரு டிரான்சிஸ்டர் பெருக்கியாகச் செயல்படுவதை படத்துடன் விளக்குக.

8. A, B மற்றும் C வகைத் திறன் பெருக்கிகளின் செயல்பாட்டை விளக்குக.

9. ஒரு டிரையோடின் ஆனோடு மின்தடை 50,000 ஓம்கள், பெருக்கு எண் 80. ஆனோடு சுற்றில் உள்ள பளுமின்தடை 30,000 ஓம்கள் எனில் மின்னழுத்தப் பெருக்குதிறன் என்ன?

10. ஒரு டிரையோடின் பளுமின்தடை 10,000 ஓம்கள் உள்ளபொழுது அதன் மின்னழுத்தப் பெருக்கு திறன் 50 ஆகும். பளுமின்தடையை 30,000 ஓம்களாக உயர்த்தினால் மின்னழுத்தப் பெருக்குதிறன் 100 என உயர்கிறது. அந்த வால்வினுடைய a-c மின்தடையையும், அதன் பெருக்கு எண்ணையும் நிர்ணயிக்க.

11. 30,000 ஓம்கள் பளுவாக உள்ளபொழுது ஒரு பெருக்கியின் மின்னழுத்தப் பெருக்குதிறன் = 75

ஆகும். சைகை இல்லாமல் மின்னோட்டம் 0·4 மி ஆ. சைகை செலுத்தப்படும் பொழுது ஆனோடு மின்னோட்டம் 0·65 மி ஆ முதல் 0·15 மி ஆ வரை அலைகிறது. உள்ளிடு சைகை மின்னழுத்தம் என்ன?

12. அலைப்பண்பேற்றம் என்பது என்ன? அலைப் பண்பேற்றும் பல்வேறு வழிமுறைகள் எவை? அலைப்பண்பேற்ற ஆழம் என்பதை விளக்குக.

13. ஓர் அலையியற்றியின் செயல்பாட்டைத் தகுந்த படத்துடன் விளக்குக. ஓர் அலையியற்றி செயல் படுவதற்கு முக்கிய நியதி என்ன?

14. வால்வு டையோடு அலைப் பண்பிறக்கி, சந்தி டையோடு அலைப் பண்பிறக்கி இவ்விற்றுக்குத் தகுந்த படங்கள் வரைக. அவற்றின் செயல் பாட்டை விளக்குக.

15. ஆற்றலைப் பின்னூட்டுதல் என்ற தத்துவம் யாது? அலையியற்றிகளில் இத்தத்துவம் எவ் வாறு பயன்படுகிறது?

16. மல்டிமீட்டர் என்பது என்ன? அதன் பயன்கள் யாவை?

17. ஒரு மல்டிமீட்டர் (a) மின்னோட்டம் (b) மின் னழுத்தம் (c) மின்தடை ஆகியவற்றை எவ்வாறு அளவிடுகிறதென்பதை விவரிக்க.

18. ஒரு *CRO*-வின் முக்கிய உறுப்புகள் யாவை?

19. ஒரு *CRO* செயல்படும் முறையை விவரி.

20. ஒரு *CRO*-வில் நேர்கோட்டுக் காலவடி பெறும் முறை யாது?

21. *CRO*-வின் பயன்கள் யாவை?

22. ஓர் ஒலிபெருக்கி செயல்படும் முறையை விளக்குக.

23. 'ரிலே' என்பது என்ன?

24. ஒரு ரிலே சுவிட்சு செயல்படும் முறையை விளக்குக.

25. ஒளி டையோடு என்பது என்ன? அது எவ்வாறு ரிலேயாகச் செயல்பட இயலும்?

26. ஒரு நிக்சி குழாய் செயல்படும் முறையை விவரிக்க.

27. LED என்பது என்ன? ஏழு துண்டுக் காட்சியில் LED எவ்வாறு பயன்படுத்தப்படுகிறது?

28. ஒத்திசைவாக்குதல் என்றால் என்ன?

29. ஒத்திசைவுக் கூர்மை என்பது என்ன?

30. ஒரு நல்ல ஏற்பியின் பண்புகள் யாவை?

31. ரேடியோ அலைகள் எவ்வாறு பரப்பப்படுகின்றன? எவ்வாறு அவை ஏற்கப்படுகின்றன?

32. ஒரு கலக்கிப் பிரிக்கும் ஏற்பியின் செயல்பாட்டை ஒரு சுட்டுப் படத்துடன் விளக்குக.

33. ஒளி பரப்பு மற்றும் ஒளி ஏற்பு ஆகியவற்றின் பொதுவான கொள்கைகள் யாவை?

34. ஐகனாஸ்கோப் செயல்படுவது எவ்வாறு?

35. வரிக்கண்ணோட்டம் என்றால் என்ன?

36. தடுக்கும் துடிப்புகள் எனப்படுவன யாவை? அவை எதற்காகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

37. ஒளி பரப்புதலில் தரைமேற் செல்லும் அலைகள் மட்டுமே பயன்படுவதேன்?

7. பயன் வகை இயற்பியல்

உயிரியல், வேதியியல் மற்றும் மண்ணியல் ஆகிய துறைகளில் காணப் பெறும் கருத்துகளையும் நிகழ்ச்சிகளையும், இயற்பியல் கருத்துகளையும் தத்துவங்களையும் அடிப்படையாகக் கொண்டே விளக்கமுடியும். விவசாயம், பொறியியல், மருத்துவம் மற்றும் குற்றஞ்சார்ந்த அறிவியல் ஆகிய பயன் வகை அறிவியற் துறைகளின் வளர்ச்சியை ஊக்குவிக்கவும் மனிதனின் அன்றாட வாழ்க்கையில் பயன்படக்கூடிய கருவிகளைத் திட்டமிட்டுக் கட்டமைக்கவும் இயற்பியல் தத்துவங்கள் கணிசமான அளவில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. தன் வகை மற்றும் பயன் வகை அறிவியற் துறைகளில் இயற்பியலின் பங்கு பற்றிய சில சான்றுகளை இப்பகுதியில் காணலாம்.

7.1. பொறியியல்

இயற்பியல், வேதியியல் மற்றும் கணிதவியல் போன்ற அடிப்படை அறிவியற் கருத்துகள் மனிதகுலத்திற்கு நன்மை பயக்கும் தடைமுறைத் தீர்வுகளைக் காண்பதற்கெனப் பயன்படுத்தப்படும் ஒரு துறையாகப் பொறியியலைக் கருதலாம். அத்தகைய கருத்துகள் மனிதனின் மேம்பட்ட வாழ்விற்கான பல்வகைப்பட்ட வசதிகளை உருவாக்கத் திட்டமிட்டுப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

7.1.1. பொருள்களின் உறுதிப்பாடு (Strength of Materials)

புதிய படைப்பு ஒன்றை உருவாக்குவதில் பல வகைப் பொருள்களைப் பொறியியல் வல்லுநர் பயன்படுத்துகிறார். அவற்றைப் பின்வருமாறு வகைப்படுத்தலாம்:

A. (i) வார்ப்பிரும்பு, எஃகு போன்ற இரும்பியல் உலோகங்கள்.

(ii) அலுமினியம், செம்பு போன்ற இரும்பொழிந்த உலோகங்கள்.

(iii) பெரிலியம், சிர்க்கோனியம் போன்ற புதிய உலோகங்கள்.

(iv) சிறு அளவுகளில் பயன்படும் டங்ஸ்டன், கோபால்ட், செலினியம் போன்ற உலோ கங்கள்.

B. பீங்கான், காங்க்ரீட், கல்நார், மைக்கா, இரப்பர், மரம் மற்றும் பிளாஸ்டிக் போன்ற செயற்கைப் பொருள் களாகிய அலோகங்கள்.

ஒரு குறிப்பிட்ட பொருளை ஒரு குறிப்பிட்ட காரியத் திற்குத் தேர்தெடுக்கு முன் அது எளிதில் கிடைக்கப் பெறுகிறதா என்பதையும் அதன் விலையையும் கருதுவதோடு பின்வரும் பண்புகளையும் கருத்திற் கொள்ள வேண்டும்: அவையாவன (a) அடர்த்தி, (b) நீட்டப்பெருக்க எண், (c) காந்தவியல் பொருள்களாயின் அவற்றின் உட்புகுதிறன் (Permeability), ஏற்புத்திறன் (Susceptibility) போன்ற காந்தப் பண்புகள் (d) கடத்தியா அல்லது கடத்தாப் பொருளா, மற்றும் மின்தடை போன்ற மின்சாரப் பண்புகள், (e) கடினத்தன்மை (Hardness), (f) பொருளின் உறுதிப்பாட்டை அறுதி யிடும் ஒசிவு (Ductility), நெகிழ்வு (Malleability) மற்றும் மீட்சியியல் பண்புகள் ஆகியவைகளாகும். ஒரு படைப்பை உருவாக்கும் பொழுது அப்படைப்பின் கட்டமைப்பு விவரங்கள் மற்றும் பரிமாணங்களை அறுதியிடுவதில் ஆக்கப் பொருளின் இப்பண்பும் (f) முக்கியமானதாக அமைகிறது.

மீட்சியியல்: திண்பொருள் ஒன்று தகைவுக்கு உட்படும் போது அப்பொருளில் திரிபு நேரிட்டு உருக்குலைவு ஏற்படுகிறது. செயற்படுத்தப்பட்ட தகைவு நீக்கப்படும் பொழுது பொருள் தன் உருவை மீண்டும் பெறுமாயின் அப்பொருள் மீட்சிப் பொருள் என அழைக்கப்பெறுகிறது (மிகுந்த தகைவானது பொருளை நிரந்தரமாக உருக்குலைவிக்கவோ அல்லது தகர்க் கவோ செய்யும்).

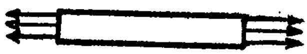
உறுதியூட்டப் பெற்ற எஃகு, தந்தம் ஆகியவற்றை மீட்சிப் பொருளாக வகைப்படுத்தலாம். உறுதியூட்டப் பெற்ற எஃகு, சுருள்வில்களை உற்பத்தி செய்வதற்குப் பயன்படுத்தப் படுகிறது.

வன்பிளாஸ்டிக்குகள் கிடைக்கப் பெறுமுன் பில்லியர்டு பந்துகள் தந்தத்தினாலேயே செய்யப்பட்டு வந்தன.

சிறு தகைவு ஒன்று பொருளில் பெருமளவு உருக்குலை வினை நிகழ்த்துமாயின், அப்பொருள் பிளாஸ்டிக் நிலையில் இருப்பதாகக் கூறப்படுகிறது. தேன் மெழுகை அத்தகைய பொருளுக்கு ஓர் எடுத்துக் காட்டாகக் கூறலாம்.

ஒரு பொருள் பல் வேறு வகைத் தகைவுகளுக்கு உட்படும் போது அதன் செயற் பாங்கு அதன் உறுதிப்பாட்டினைக் குறிக்க வல்லதாயமைகிறது. தகைவானது (i) இழுவிசை, (ii) அமுக்கு விசை, (iii) சறுக்குப் பெயர்ச்சித் தகைவு என மூவகைப் படும். அவை முறையே ஒரு பொருள் நீட்டப்படும் போதும், அமுக்கப்படும் போதும் வளைக்க அல்லது முறுக்கப்படும் போதும் செயற்படுகின்றன.

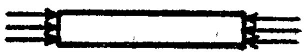
(1) இழுவிசை (Tension): ஒரு பொருளின் மீது செயற்படும் புற விசைகள் அதன் பகுதிகளை ஒன்றை விட்டு ஒன்று விலக்க முயலுமாயின் அப்பொருள் இழுவிசைக்கு உட்பட்டுள்ளது எனக் கூறலாம் (படம் 7-1).



படம் 7-1

இழுவிசை

(2) அமுக்கு விசை (Compression): ஒரு பொருளின் மீது செயற்படும் புற விசைகள் அதன் பகுதிகளை ஒன்றோடொன்று நெருக்க முயலுமாயின் அவ்விசைகளை அமுக்கு விசைகள் எனலாம் (படம் 7-2).

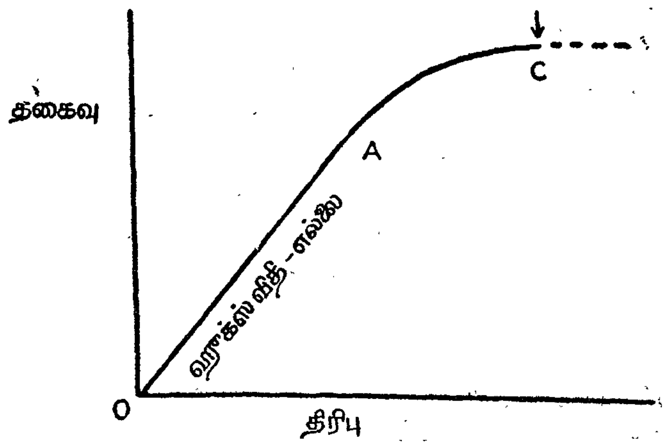


படம் 7-2

அமுக்குவிசை

இழுவிசை நீட்சியை ஏற்படுத்துகிறது. 'தகைவு என்பது ஓரலகுப் பரப்பில் செயற்படும் விசையாகும். திரிபு என்பது மீட்சி யெல்லை எனப்படும் ஒரு குறிப்பிட்ட எல்லைக்குள் பொருளின் ஓரலகு நீளத்தில் விளையும் நீளமிகுதிப்பாடாகும். ஹூக் விதிப்படி திரிபு, தகைவுக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். படம் 7- 3-ல் *O A* என்பது பொருள் ஹூக் விதிக்கு உட்படும்

தகைவெல்லையைக் குறிக்கிறது: *A* என்பது மீட்சி எல்லையைக் குறிக்கிறது.



படம் 7-3

தகைவு-திரிபுப்படம். C-உறுதிப்பாட்டு அறுதி நிலை—நெகிழ்வு தொடங்குகிறது

எஃகு போன்ற மீட்சிப்பொருளாலான கம்பி ஒன்று பெரும் எடை ஒன்றுக்கு உட்படும்போது, எடை நீக்கப்படுமாயின் கம்பியின் நீளம் தன்பழைய மதிப்பைப் பெறாது. அதாவது, கம்பி நிலையானதொரு நீட்சி அல்லது கோட்டம் பெறும். இத்தகைய நிலையான கோட்டத்திற்குரிய சிறுமத்தகைவு மீட்சி எல்லை (Elastic Limit) என அழைக்கப்படுகிறது. மீட்சி எல்லைக்குள் திரிபு தகைவுக்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது.

கம்பி ஒன்று மீட்சி எல்லைக்கு அப்பால் எடையேற்றப் படுமாயின் செற்படுத்தப்பட்ட விசை மாறாமலிருப்பினும் நீட்சியானது தொடர்ந்து மிகுதியாகும். இத்தகைய நெகிழ்வு நிகழுமுன் கம்பிக்கு அளிக்கப்படும் பெருமத்தகைவு இழுவிசை உறுதிப்பாடு (Tensile Strength) என அழைக்கப் பெறுகிறது.

மீட்சிக் குணகம் எனப்படும் ஓர் அளவு தகைவுக்கும் திரிபுக்கும் இடையேயுள்ள தொடர்பைக் குறிக்கும்.

$$\text{மீட்சிக்குணகம்} = \frac{\text{தகைவு}}{\text{திரிபு}}$$

இழுவிசையால் நீட்சி விளையும்போது, மீட்சிக்குணகம் யங் குணகம் எனப் பெறுகிறது.

$$\text{யங்குணகம் } E = \frac{\text{ஓரலகுப்பரப்பில் செயற்படுத்தப்படும் விசை}}{\text{ஓரலகு நீளத்தில் விளையும் நீட்சி}}$$

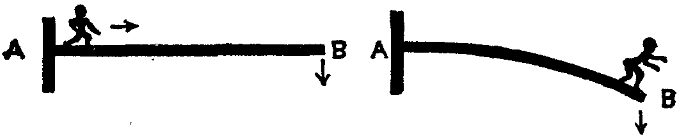
ஒரு திடப்பொருளோ அல்லது திரவமோ சீரான அழுக்கு விசைக்கு உட்படும் போது பரும மாற்றம் நிகழ்கிறது.

$$\text{பருமக்குணகம்} = \frac{\text{செயற்படுத்தப்படும் அழுத்தம்}}{\text{ஓரலகுப் பருமனில் விளையும் பருமமாற்றம்}}$$

3. வளைதல் (Bending) வளைசட்டம் ஒன்றின்வழியே செயற்படும் விசைகள் அதனை வளைக்க முயலுகின்றன. இதன் பயனாய் புற விசையை எதிர்க்கக் கூடிய அக வளைவுத்திருப்பு திறன் ஒன்று உருவாகிறது. வளைசட்டம் ஒன்றின் அளவைக் கணக்கிடும் பொறியியலாளர் அது எதிர்நோக்கவேண்டிய பெருமத்தகைவைக் கருத்திற் கொண்டு அதனைவிட அதிகத் தகைவைத் தாங்கும் வகையில் அச்சட்டத்தை உருவமைப்பார். வளைசட்டம் ஒன்று தாங்கக் கூடிய தகைவுக்கும் அது எதிர்நோக்க வேண்டிய தகைவுக்கும் உள்ள விகிதம் காப்புறுதி எண் (Safety Factor) என அழைக்கப் படுகிறது.

காப்புறுதி எண்ணானது செங்கல் கட்டமைப்புகளின் வடிவமைப்பில் 10 என்ற அளவிலான உயர்ந்த மதிப்பையும் எஃகுக் கட்டமைப்புகளில் 4 என்ற மதிப்பையும் பெறுகிறது. காட்டாக, செங்குத்தான எஃகுக் கொடிமரம் ஒன்று நிரந்தரமாக வளையாமலிருக்க அது எதிர்நோக்க வேண்டிய பெரும்த் தகைவைப் போல் குறைந்தது நான்கு மடங்கு தகைவை எதிர்த்து நிற்கும் வகையில் அமைக்கப்படுகிறது.

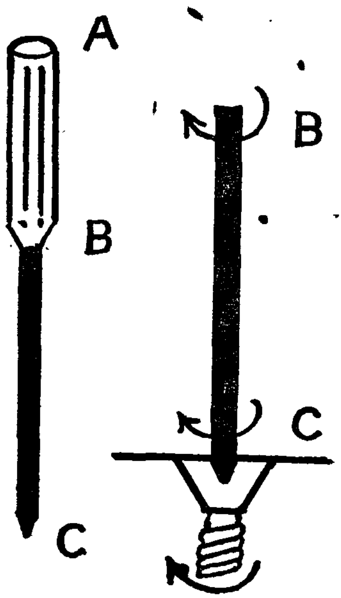
நீர்ப்பாய்வுப் பலகை (Diving Board) ஒன்று அதன் ஒரு முனையில் உறுதியாகப் பொருத்தப் பட்டுள்ளது. (படம் 7-4). நீர்க்குளிப்பவர் பலகையின் வழியே பொருத்தப்படா முனையை நோக்கிச் செல்வாராயின் பலகை வளைகிறது. இதன் பயனாய் பலகையில் வளைப்புத் தகைவு (bending stress) ஒன்று விளைகிறது.



படம் 7-4

நீர்ப்பாய்வுப் பலகையை வளைத்தல்—A-பொருத்தப்பட்ட முனை
B-பொருத்தப்படா முனை

4. முறுக்கு (Torsion) திருகு ஒன்றைக் கழற்றுவதற்கு திருப்புளி ஒன்றைப் பயன் படுத்தும் பொழுது திருப்புளியின் கைப் பிடிக்கு அளிக்கப்படும் சுழற்சியியக்கத்தின் பயனாய்த் திருப் புளியின் அலகானது திருப்புத் தகைவு (Twisting Stress) ஒன்றுக்கு

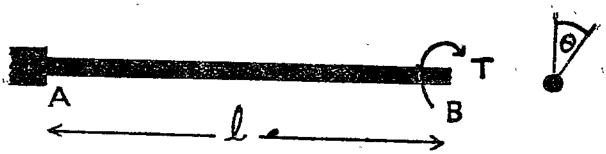


படம் 7-5 திருப்புளி
AB-பிடி, BC-அலகு

உட்படுகிறது; திருகு முழுவதும் சுழற்றப் படும் வரை அலகானது திருப்புத் தகைவுக்கு உட்படுகிறது. இத்திருப்புத்தகைவு முறுக்கு (Torsion) என அழைக்கப்படுகிறது (படம் 7-5.).

5. சறுக்குப் பெயர்ச்சித் தகைவு (Shear Stress): பொருள் ஒன்றின் மீது செயற்படும் புற விசைகள் அப்பொருளின் அடுத்தடுத்த ஏடுகளில் சார்பியக்கம் ஒன்றை விளைவிக்குமாயின் சறுக்குப் பெயர்ச்சித் தகைவு விளைகிறது. (படம் 7-6). தண்டு ஒன்றின் நீளம் l, ஆரம் r எனில் அதன் சறுக்குப் பெயர்ச்சித் திரிபு

$$\theta \propto \frac{2Tl}{\pi r^4}$$ ஆகும்.



படம் 7-6

சறுக்குப் பெயர்ச்சி

A-பொருத்தப்பட்ட முனை
B-பொருத்தப்படா முனை
T-திருப்பு விசை
θ-பொருத்தப்படா முனையின் சுழற்சி

கருவி ஒன்றைக் கட்டமைக்க விரும்பும் பொறியியலாளர் அதற்குத் தேவையான பொருளைத் தேர்ந்தெடுக்கு முன் அவர் பயன்படுத்த விரும்பும் பொருளின் உறுதிப்பாட்டினைப் பற்றி அறிவிக்கும் இயற்பியல் மற்றும் மீட்சியியல் பண்புகளை ஆராய்கிறார்; பின்னர் கருவியின் பயனையும் அது பயன் படுத்தப்படும் போது எதிர் நோக்க வேண்டிய தகைவுகளையும் கருத்தில் கொண்டு அதன் பரிமாணங்களைக் கணக்கிடுவார்.

குறிப்பிட்டதோர் எடுத்துக்காட்டைக் கருதுவோம். ஒரு திருப்புளியின் அலகு தனிவகை எஃகால் செய்யப்பட்டுள்ளது. திருப்புளியானது அதன் அலகு முறுக்கப் படாமல் அதன் கைப்பிடியில் செயற்படுத்தப்படும் திருப்பு விசையைத் திருகப்பட வேண்டிய திருகுக்கு அளிக்க வேண்டியிருப்பதாலேயே தனிவகை எஃகு பயன்படுத்தப் படுகிறது. திருகப்பட வேண்டிய திருகு பெரிதாக இருப்பின் அலகின் விட்டம் பெரியதாகவும் திருகு சிறிதாக இருப்பின் அலகின் விட்டம் சிறியதாகவும் அமைக்கப் படுகிறது.

கைப்பிடியானது கெட்டியாகவும், இலேசாகவும், மின் கடத்தாப் பொருளாகவும் இருக்குமாதலால் அது கெட்டியான மரத்தாலோ, ப்ளாஸ்டிக்காலோ செய்யப்படுகின்றது.

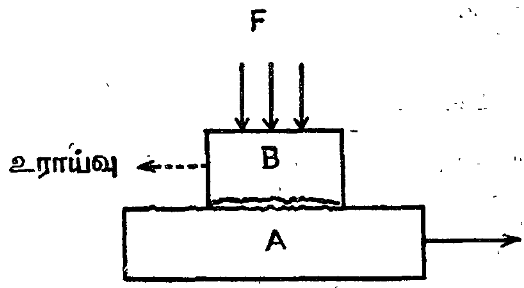
7.1.2. தடை (Brake)

இயங்கும் ஊர்திகளை நிறுத்துவதற்குத் தடை பயன் படுத்தப்படுகிறது. விபத்துகளைத் தவிர்க்க வேண்டுமாயின் ஊர்திகள் எவ்வேகத்தில் இயங்குமாயினும் தடைவிளைவு உடனடியாக நிகழ வேண்டும்.

தடையின் தத்துவம்

உராய்வைப் பற்றி நீங்கள் முன்னமே அறிந்திருக்கிறீர்கள். ஒரு பொருளின் மேற்பரப்பு எவ்வளவு வழுவழுப்பாகத் தோன்றி னாலும் பல மேடு பள்ளங்களைக் கொண்டுள்ளது. இம்மேடு பள்ளங்கள் மற்றொரு பொருள் அதன் மீது நழுவுவதைத் தடுக் கிறது. இரு பொருள்களுக்கிடையே சார்பியக்கத்தை எதிர்க் கும் விசை உராய்வு விசை என அழைக்கப்படுகிறது. இரு பரப்புகளுக்கிடையேயான உராய்வு விசையானது அப்பரப்பு களின் தன்மையையும் அவற்றை ஒன்றுடன் ஒன்று அமுக்கி வைக்கும் விசையையும் பொறுத்துள்ளது.

படம் 7-7-ல் *A* என்ற பொருள் படத்தில் குறிக்கப் பெற்ற திசையில் இயங்குகிறது. அதன் மீது *B* என்ற



படம் 7-7

உராய்வு

மற்றொரு பொருளை அழுத்துவதன் மூலம் அதனை ஓய்வுப் படுத்தலாம். *A*, *B* பொருள்களின் ஒன்றுடன் ஒன்று தொடர்பு கொண்ட பரப்புகளுக் கிடையேயான நேர்குத்து

அமுக்கத்தை (Normal Thrust) அதிகரிப்பதன் மூலம் பொருளை விரைந்து ஓய்வுப்படுத்தலாம். இக்கருத்தே தடைகளில் பயன்படுத்தப் படுகிறது.

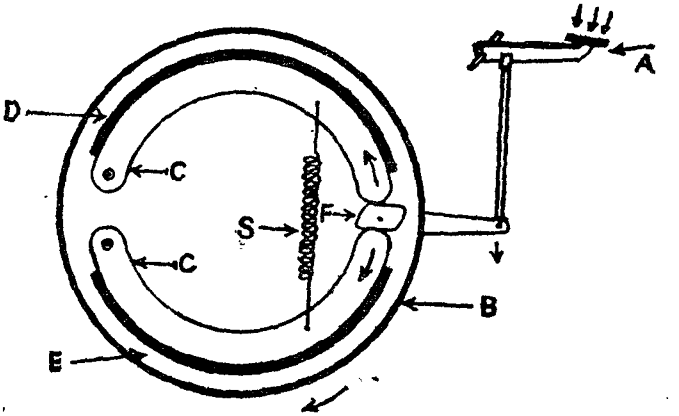
இயங்கும் ஊர்தி ஒன்று இயக்க ஆற்றலைப் பெற்றுள்ளது. அது நிறுத்தப்படுமாயின் அதன் இயக்க ஆற்றல் மறைகிறது. மறைந்த இயக்க ஆற்றலானது தொடர்பு கொண்ட பரப்பு களைச் சூடேற்றுவதோடு தேய்த்தழிக்கவும் செய்கிறது. எனவே, இயங்கும் பரப்பு ஒன்றிற்கும் அதனோடு அழுத்தி வைக் கப்பட்டிருக்கும் நிலையான பரப்பிற்குமிடையே உராய்வு அதிகரிக்கப்படுமாயின் ஊர்தி நிறுத்தப்படுவதோடு தொடர்பு கொண்ட பரப்புகள் சேதப்படுவதோடு சூடேறவும் செய் கின்றன.

ஒரு குறிப்பிட்ட அமுக்கத்திற்குப் பெரும உராய்வு விசை விளையுமாறும், உருவர்கும் வெப்பம் தடை விளைவைப் பாதிக் காமல் இருக்குமாறும் இயங்கு பரப்போடு அழுத்தப்படும் பரப்பு கவனமாகத் தேர்ந்தெடுக்கப்படுகிறது. சேதப்படும் பரப்பை எளிதில் மாற்ற முடியும். இயங்கும் மிதிவண்டி ஒன்று நிறுத்தப் படும் முறையை நாம் ஒவ்வொருவரும் அறிவோம். மிதி வண்டியில் தடையமைவு கண்ணுக்குத் தெரியுமாறு உள்ளது; அது செயற்படும் முறையை எளிதில் புரிந்து கொள்ளலாம். தடைக்கோலைக் கைப்பிடிக்காம்பை நோக்கி அழுத்தும் பொழுது இரப்பர்த் தடைக் கட்டையானது சுழலும் சக்கரத்தின் விளிம்பில் அழுத்துகிறது. இதன் பயனாய் தடைக்கட்டைக்கும் விளிம் பிற்கும் இடையே விளையும் உராய்வானது அவற்றிற்கிடை யேயான சார்பியக்கத்தை எதிர்த்து மிதிவண்டியை நிறுத்துகிறது. இரப்பர்க்கட்டை தேய்ந்த பின்னர் மாற்றப்படுகிறது.

பாரஉந்து (Lorry) அல்லது பயணிஉந்து (Bus) போன்ற பேருந்துகள் மிதி வண்டியைவிட எடைமிக்கனவாய் உள்ளன. அத்தகைய ஊர்திகள் இயங்கும்போது மிக அதிகமான இயக்க ஆற்றலைப் பெற்றிருக்கும். எனவே, அவற்றை உடனடியாக நிறுத்துவதற்குப் பெருமளவிலான விசைகளைச் செயற்படுத்த வேண்டும். எனவே, சிக்கல் நிறைந்ததோர் அமைவு தேவைப் படுகிறது (படம் 7-8).

தடை வட்டுருளை (Brake Drum *B*) யானது சுழலும் சக்கரத்துடன் பொதுவச்சு முறையில் அமைந்ததொரு பெரிய உள்ளீடற்ற உருளையாகும். தடை மிதிகட்டை (Brake Pedal) (*A*)

அழுக்கப்படும்போது அதன் இயக்கமானது நெம்புகோல் இணைப்பு ஒன்றின் மூலம் சுழல் திமில் (Rotating Cam) ஒன்றிற்குக் கடத்தப்படுகிறது. இத்திமிலானது தடைக் கட்டைகளை வட்டுருளையை நோக்கி அழுத்துகிறது. தடைக் கட்டைகள் (அதிக உராய்வைத் தர வல்லதும் வெப்ப நிலை



படம் 7-8
எந்திரவியல் தடை

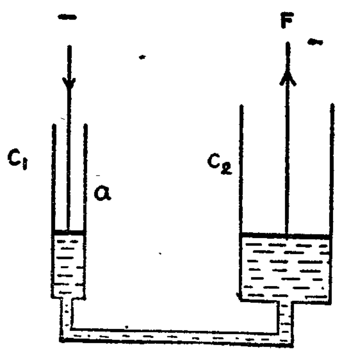
உராய்வைத் தாங்கக் கூடியதுமான) கல்நாருட்டப் பெற்றத் தனிவகை இரப்பரானலான வரிக்கச்சை (Brake Lining) யைக் கொண்டுள்ளன. எனவே வட்டுருளையின் உட்சுவற்றில் உராய்வும் வெப்பமும் உருவாகின்றன. உராய்வானது ஊர்தியை நிறுத்துகிறது. படத்தில் தடைமிதி கட்டை அழுக்கப் படும் நிலையில் உள்ளது; *E*, வரிக்கச்சைக்கும் தடை வட்டுரு ளைக்கும் இடையேயான இடைவெளியைக் குறிக்கிறது; தெளி வாக்கத்திற்கென பெரிதாக்கிக் காட்டப் பெற்றுள்ளது.

7.1.3. திரவவியல் தடை (Hydraulic brake)

தடையமைவின் செயல் விரைவானது தடை வரிக் கச்சைக்கும் (Brake Lining) தடை வட்டுருளைக்கும் இடையே தேவையான உராய்வு விசைகளை உருவாக்குவதைப் பொறுத்துள்ளது. உள்வரிக் கச்சையானது வட்டுருளையுடன் விரைவாகவும், தேவையான அளவு உராய்வை உருவாக்கு மாறும் அழுத்தப்படும்: ஓட்டுநர் மிதிகட்டையைக் குறுகிய தொலைவில் கணிசமான விசையுடன் விரைந்து அழுத்துவதன் மூலம் உடனடித் தடை விளைவை ஏற்படுத்த முடியும்.

ஓட்டுநரின் மிகக்குறைந்த முயற்சியில், விரைந்த தடை விளைவைத் திரவவியல் தடை, காற்றுத் தடை (Air brake) வெற்றிடத் தடை (Vacuum brake) போன்ற தடை அமைவுகளைக் கொண்டு பெறலாம். திரவவியல் தடையானது பெரும் தானியங்கிகளிலும் காற்றுத் தடையானது பாரஉந்து, பயணி உந்து போன்ற பேருந்துகளிலும், வெற்றிடத் தடையானது கார்களிலும் ரயில் போன்ற வண்டித் தொடர்களிலும் பயன்படுத்தப் படுகின்றன.

திரவத்தடைகளிலும் காற்றுத்தடைகளிலும் தடையிடும் அமைப்பு ஒரே மாதிரியாகவே உள்ளது. ஆனால் தடையை இயக்குவிக்கும் அமைப்பு, அதாவது வட்டுருளையை நோக்கி வரிக்கச்சையிட்ட தடைக் கட்டையை அமுக்கும் அமைப்பானது திரவம் மூலமாகவோ, அமுக்கப்பட்ட காற்றின் மூலமாகவோ மிதிகட்டையுடன் இணைக்கப் பட்டுள்ளது.



படம் 7-9

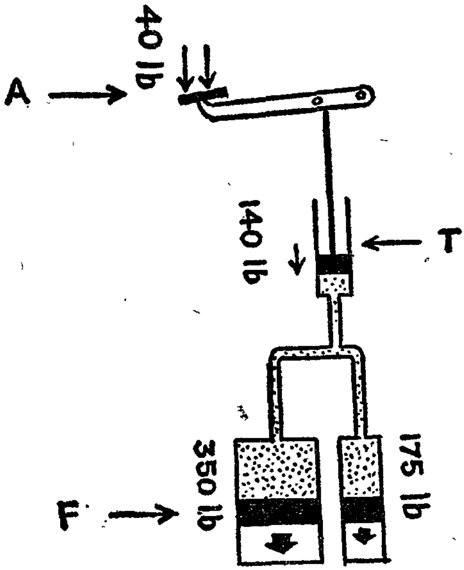
நீரமுக்கு எந்திரம்

நீரமுக்கு எந்திரம் (Hydraulic Press)

மூடப்பெற்ற கலம் அல்லது அமைப்பு ஒன்றினுள் அடங்கிய பாய்மம் ஒன்றிற்கு அளிக்கப்பட்ட அழுத்தமானது கலம் அல்லது அமைப்பு முழுவதற்கும் சேதமின்றி கடத்தப்படுகிறது என்பதை அறிவீர்கள்.

நீரமுக்கு எந்திரம் (படம் 7-9) ஒன்றில் ஒன்றோடொன்று தொடர்பு கொண்ட குறைந்த குறுக்குப் பரப்பளவு (*a*) கொண்ட

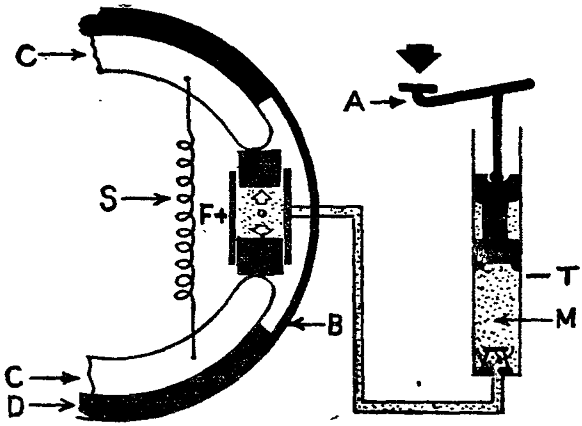
ஓர் உருளை (C_1)யும் அதிகப்பரப்பளவு (A) கொண்டதோர் உருளையும் (C_2) திரவம் ஒன்றைக் கொண்டுள்ளன. இரு உருளைகளிலும் தடையின்றி இயங்கக்கூடிய இரு உந்து தண்டு



படம் 7-10
திரவவியல் தடை—செயல்முறை

கள் உள்ளன. சிறிய உந்து தண்டின் மீது செலுத்தப்படும் எந்தவோர் அழுத்தமும் பெரிய உந்து தண்டிற்குச் சேதமின்றி கடத்தப்படுகிறது. C_1 உந்து தண்டின் மீது செயற்படுத்தப் படும் விசை f எனில் அதன் மீது செலுத்தப்படும் அழுத்தம் $\frac{f}{a}$ ஆகும். எனவே, C_2 மீது செயற்படும் விசை அல்லது அது அளிக்கும் விசை $\frac{f}{a} \times A$ ஆகும்.

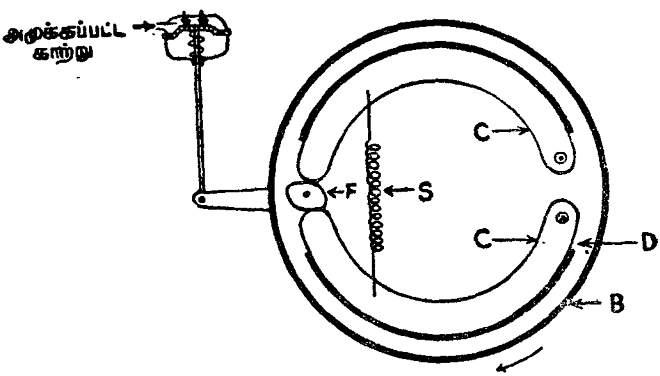
படங்கள் 7-10, 7-11 ஆகியவை திரவவியல் தடை ஒன்று செயற்படும் முறையை விளக்குகின்றன. இதில் கசிவற்ற உருளை ஒன்றினுள் தனிவகைத் தடைத் திரவம் ஒன்று பயன் படுத்தப்படுகிறது. மிதியடிக் கட்டையானது தடைக்கட்டை களை நேரடியாக இயக்குவதற்குப் பதிலாக உருளையின் இரு முனைகளிலுமுள்ள உந்து தண்டுகளின் உதவியால் திரவத்தின் மூலமாக இயக்குவிக்கிறது.



படம் 7-11
திரவவியல் தடை

7.1.4. காற்றுத்தடை

இதில் மிதிகட்டை அமுக்கப்படும்போது அமுக்கபட்ட காற்றடங்கிய உருளை ஒன்று இடைத்திரை (*H*) ஒன்றுடன் கூடிய பயன்விளை அமைப்பு ஒன்றுடன் இணைக்கப்படுகிறது. அமுக்கப்பட்ட காற்றானது இடைத்திரையை அமுக்குகிறது.

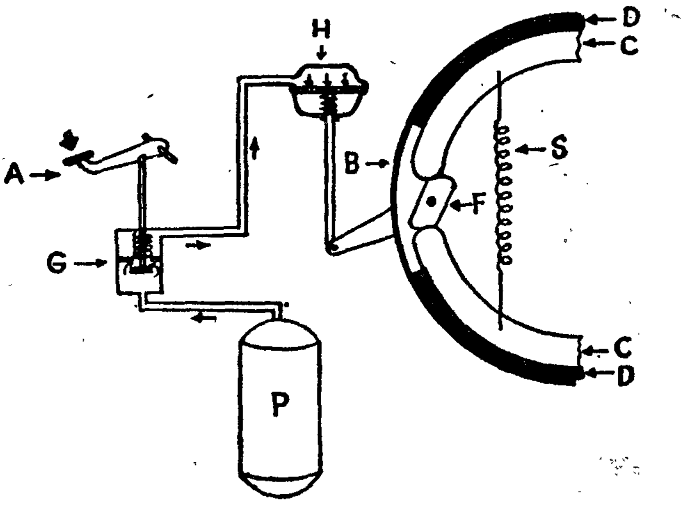


படம் 7-12
காற்றுத் தடை

இடைத்திரையானது அதனைச் சுழல் திமிலுடன் இணைக்கும் தண்டு ஒன்றின் மூலமாகச் சுழல் திமிலை இயக்கித் தடைக் கட்டையை வட்டுருளையுடன் அழுத்துகிறது. காற்றுத்தடை

யானது உடனடி விளைவை ஏற்படுத்துகிறது. பொதுவாக, காற்றுத் தடைகள் பொருத்தப்பட்ட எடைமிக்க ஊர்திகளின் பின்புறத்தில் எச்சரிக்கை காற்றுத்தடை என்றதோர் எச்சரிக்கைப் பலகை ஒன்று பொருத்தப்பட்டிருக்கும். காற்றானது ஊர்தி எஞ்சினுடன் இணைக்கப்பட்ட காற்று அமுக்கி ஒன்றினால் உருளையினுள் அமுக்கப்படுகிறது. சில ஊர்திகளில் அமுக்கப்பட்ட காற்றானது திரவவியல் தடையை இயக்குவிக்கப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

படம் 7 - 13 - ல் தடை செயற்படுத்தப்பட்டுத் தடைக் கட்டையானது தடை வட்டுருளையுடன் அழுத்தப்பட்டுள்ளது.



படம் 7-13

காற்றுத் தடை

7.1.5. வார்ப்புருக்களில் அமைந்த காற்றுப்புழைகளையும் வெடிப்புகளையும் கண்டுணர்தல்

உருக்கப்பட்ட உலோகத்தை வார்ப்படங்களில் ஊற்றியோ, உட் செலுத்தியோ வார்ப் புருக்கள் செய்யப் படுகின்றன. உருகிய உலோகம் அல்லது வார்புரு குளிரும் போது அதனுள் வெடிப்புகளோ, காற்றுப்புழைகளோ, அல்லது சுரிப்புகளோ (Shrinkage) உருவாகியிருக்கக் கூடும். வார்ப்புருவின் மேலீடான ஆய்வுகளில் அவை புலப்படுவதில்லை.

சீற்றுப்புழை அல்லது வெடிப்பைக் கொண்ட வார்ப் புருவும் அதனைக் கொண்டு அமைக்கப் பெற்ற எந்திரக் கருவி களும் குறையுடையனவாகும். அத்தகைய குறையுடைய எந்திரம் தீங்கு பயப்பதாகும். காட்டாக, குறையுடைய வார்ப்புருவிலிருந்து உருவாக்கப் பெற்ற விமானச் சுழல் விசிறி யானது விமானத்திற்கு நிரந்தரமான அபாய நேர்வு ஆகும். அது எந்நேரமும் தகர்ந்து விடக் கூடும்.

உள்ளெரி எஞ்சின் ஒன்று தொழிற்படும் போது அதில் உருவாகும் அழுத்தம் மற்றும் வெப்பநிலை ஆகியவற்றைக் கருத்திற் கொள்வோமாயின் குறையுடைய வார்ப்புருவிலிருந்து செய்யப் பெற்ற எஞ்சின் முகப்பினால் எந்த நேரமும் தீங்கு விளையக்கூடிய வாய்ப்பு உண்டு.

வார்ப்பு ஒன்றைப் பயன்படுத்து முன் அதிலுள்ள குறை களைக் கண்டுணர வேண்டும். வார்ப்புருவைச் சிதைக்காமல் அதிலுள்ள குறைகளைக் காணக் கூடிய முறைகள் சிதைவூட்டா ஆய்வு முறைகள் என அழைக்கப்பெறுகின்றன.

7.1.6. பரப்பு வெடிப்புகளைக் கண்டுணர்தல்

பொருள்களின் பரப்புகளில் இருக்கக்கூடிய, வெறும் பார்வைக்கோ நுண்ணோக்கி மூலமாகவோ புலப்படாத, நுண் ணிய வெடிப்புகளையும் ஊடுருவிகளின் (Penetrants) துணையால் கண்டுணரலாம். ஊடுருவி என்பது சூடேற்றப்

படம் 7-14

ஊடுருவிகளின் உதவியால் வெடிப்புக்களை கண்டுணர்தல்

P-ஊடுருவி

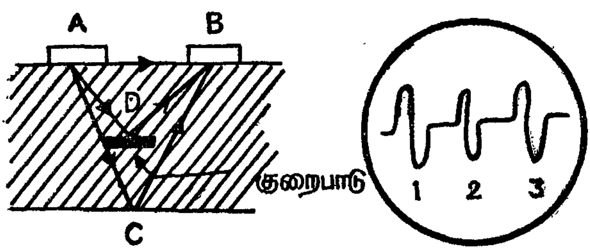
பெற்ற எண்ணெய் அல்லது ஏதேனுமோர் ஒளிர்திரவமாகும். ஆய்வுக்குரிய பரப்பின் மீது இந்த ஊடுருவி விடப்படுமாயின் அது வெடிப்புகளுள் ஊடுருவிச் செல்லும். எஞ்சிய ஊடுரு வியை நன்றாகத் துடைத்த பின்னர் பரப்பின் மீது சுண்ணத் தூள் (chalk powder) தூவப்படுமாயின், வெடிப்புகளில்

உள்ள எண்ணெய் உறிஞ்சப்பட்டு வெடிப்பானது வெண்மையான சுண்ணப் பரப்பில் ஒரு கோடாகத் தோற்ற மளிக்கும். ஊடுருவி யானது ஒளிர் திரவமாக இருப்பின், பரப்பு புற ஊதாக் கதிர்களுக்குக் காட்சிப் படுத்தப் படுமாயின் அக்கோடானது சுண்ணப் பரப்பில் பொலிவு மிக்கதொரு கோடாகத் தோற்ற மளிக்கும்.

7.1.7. கேளா ஒலியியல் ஆய்வு (Ultrasonic Testing)

அழுத்த — மின்னியற்றிப் பொருளொன்றின் (Piezo-electric Material) இரு இணையான பரப்புகளுக்கிடையே மீயதிர்வெண் (Very High Frequency) மின்னழுத்த வேறுபாடு ஒன்றை நிலை நாட்டுவதன் மூலம், செவியுறு அதிர்வெண் நெடுக்கத்திற்கு அப்பாற்பட்ட, மீயதிர்வெண் கொண்ட அதிர்வுகளை உருவாக்க வல்ல கேளா ஒலிமூலம் ஒன்றை உருவாக்கலாம். தக்கவாறு வெட்டப்பெற்ற குவார்ட்ஸ் தகடுகளும் புதிதாகக் கண்டு பிடிக்கப்பட்டுள்ள அழுத்த - மின்னியற்றிப் பீங்கான் பொருளும் அழுத்த மின் இயற்றிகளாகச் செயற்படுகின்றன.

ஆய்வுக்குரிய வார்ப்புருவின் ஒரு பரப்பில் எண்ணெய் மெல்லேடு ஒன்றின் மீது கேளா ஒலி மூலம் பொருத்தப்பட்டு, எண்ணெய் மெல்லேட்டின் வழியே வார்ப்புருவினுள் கேளா



படம் 7.15

கேளா ஒலியியல் ஆய்வு

A-அதிர்வுப்பரப்பி B-ஏற்பி

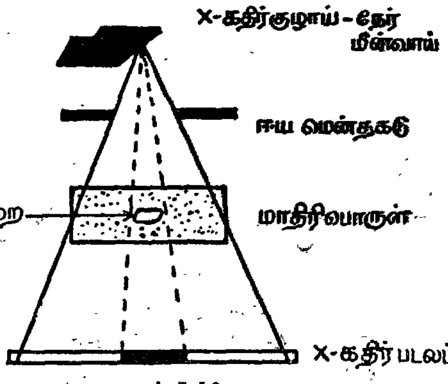
1. எண்ணெயேட்டின் வழியேயான பாதை
2. காற்றுப் புழை அல்லது வெடிப்பில் பிரதிபலிக்கப்படும் அலைகளின் பாதை
3. கீழ்ப்பரப்பில் பிரதிபலிக்கப்படும் அலைகளின் பாதை

ஒலி அதிர்வுகள் செலுத்தப்படுகின்றன. அந்த அதிர்வுகள் குறுகிய (அதிர்வெண் நெடுக்கக்) கற்றை வடிவிலும் தொடர்ச்

சியற்ற மிகக்குறுகியகாலத்துடிப்புக்களாகவும் அமைந்துள்ளன. இவ்வாறு வார்ப்புருவினுள் செலுத்தப்பட்ட அதிர்வுத் துடிப்புகள் அண்மையிலுள்ள மற்றுமொரு புள்ளியில் அமைக்கப்பட்ட கேளா ஒலி அதிர்வு ஏற்பி ஒன்றினால் ஏற்கப்பட்டு கேதோடுக் கதிர் அலைவரைவி ஒன்றின் மூலம் காட்சி முறைப்படுத்தப் படுகின்றன. மூலத்திலிருந்து அனுப்பப்பெற்ற ஒவ்வொரு துடிப்புக்கும் அலைவரைவித் திரையில் மூன்று துடிப்புகள் காணப்படுகின்றன. அவற்றுள் முதலாவது, மூலத்தினின்றும் எண்ணெய் மெல்லேட்டின் வழியே ஏற்பியை அடையும் அதிர்வு களாகும். இரண்டாவது. வார்ப்புருவினுள் அமைந்த காற்றுப் புழை அல்லது வெடிப்பில் பிரதிபலிக்கப்பட்டு ஏற்பியை அடையும் அதிர்வுகளாகும் (நடுவில் அமைந்த மெல்லிய துடிப்பு); மூன்றாவது, வார்ப்புருவின் கீழ்ப்பரப்பில் பிரதி பலிக்கப்படும் அதிர்வுகளாகும் (படம் 7-15). வார்ப்புருவினுள் காற்றுப் புழையோ வெடிப்போ இல்லையெனில் இரு துடிப்புகள் மட்டுமே காணப்பெறும்.

7.1.8. வன் எக்ஸ் கதிர்கள் (Hard *X* Rays) அல்லதுகா மாக் கதிர்கள் முறை

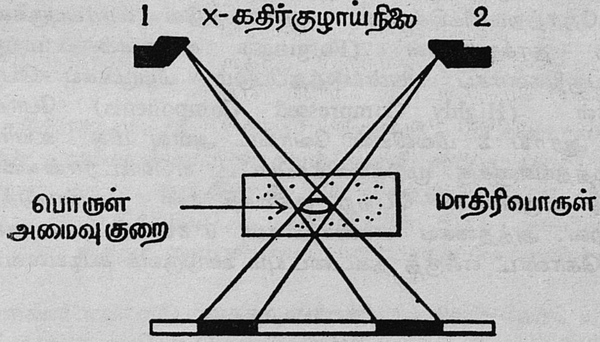
100 முதல் 500 கிலோ வோல்ட் அளவிலான மிக உயர்ந்த மின்னழுத்தங்களில் இயங்கும் எக்ஸ்கதிர்க் குழாயிலிருந்து



படம் 7-16
X கதிர்களைப் பயன்படுத்திக் குறை கண்டறிதல்

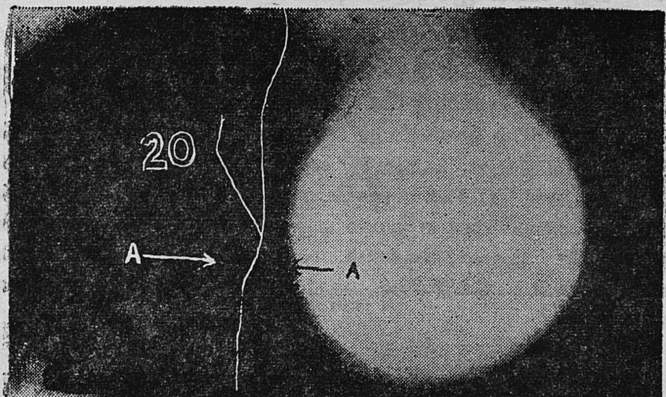
தோன்றும் வலிமை மிக்க எக்ஸ்கதிர்கள் அல்லது கோபால்ட் 60 போன்ற கதிரியக்க மூலங்களிலிருந்து தோன்றும் காமாக் கதிர்களைக் கொண்டு பெறப்படும் ஊடுகதிர்ப் படங்களும்

(Radiograph) வார்ப்புரு ஒன்றிலுள்ள குறைகளை வெளிப் படுத்தும். எக்ஸ் கதிர்ப்படத் தகட்டுக்கு இணையாக அமைந்த இரு வெவ்வேறு நிலைகளில் எக்ஸ் கதிர் மூலத்தை வைத்துப் பெறப்படும் ஊடுகதிர்ப் படங்களிலிருந்து வார்ப்புருவில் அமைந்த குறைகளை நுட்பமாக இடமறியலாம்.



படம் 7-17

X கதிர்களைப் பயன்படுத்திக் குறை கண்டறிதல்



படம் 7-18

γ கதிராய்வு - ஊடுகதிர்ப் படம்

வார்ப்புரு ஒன்றின் திண்மையான பகுதி ஒன்று அதே தடிப்புள்ள காற்றுப் புழை போன்ற குறையுடைப் பகுதியைவிட

அதிக அளவிலான எக்ஸ் கதிர்களை உட்கவருகிறது. எனவே, ஒளிப்படத்தகட்டின் காற்றுப்புழை (குறை)க்குக் கீழமைந்த பகுதிகள் செறிவுமிக்க கதிர் வீச்சுக்கு உட்படுகின்றன. அதன் பயனாய் அப்பகுதிகளில் அதிக அளவிலான வெள்ளிஹேலைடு குறுணைகள் (Silver halide grains) வெள்ளியாக மாற்றப்பட்டு, எதிர்ப் படிவத்தில் (Negative) அப்பகுதிகள் கருமைமிகுந்த பகுதிகளாகத் தோற்றமளிக்கின்றன. தற்காலத்தில் வார்ப்புருக்கள், உருக்கித் தாக்குருக்கள் (Forgings) விமானம் மற்றும் ஊர்திப்பகுதிகளாகப் பயன்படுத்தப்படும் மீயமுக்கப் பெற்ற உறுப்புகள் (Highly Compressed Components) போன்றவற்றை ஆராய 2 மில்லியன் வோல்ட் அளவு மிக உயர்ந்த மின்னழுத்தங்களுக்கு முடுக்குவிக்கப்பட்ட எலெக்ட்ரான்களைக் கொண்டு உருவாக்கப் பெற்ற எக்ஸ்கதிர்கள் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. அத்தகைய எக்ஸ்கதிர்கள் 0·20 மீட்டர் அளவு தடிப்பு கொண்ட எஃகுத் தகட்டையும் ஊடுருவக் கூடியவை.

7.2. விவசாயமும் மருத்துவமும்

7.2.1. கதிரியக்க ஐசடோப்புகளின் பயன்கள்

(a) **ஐசடோப்புகள்:** ஐசடோப்புகள் ஒரே தனிமத்தின் அணுக்களாகும். அவை அதே அணு எண்ணையும் வேறுபட்ட அணு எடைகளையும் கொண்டுள்ளன. அவற்றின் அணுக் கருக்களில் அமையும் வெவ்வேறு எண்ணிக்கையிலான நியூட்ரான்களே அவற்றின் வேறுபட்ட அணு எடைகளுக்குக் காரணமாகும். ஒரு தனிமத்தின் எல்லா ஐசடோப்புகளிலும் புரோட்டான்கள் மற்றும் அணுக்கருவை வலம் வரும் எலக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை ஒரே அளவாயிருக்கும். எனவே, ஒரு தனிமத்தின் ஐசடோப்புகளின் வேதியியல் பண்புகள் ஒரே மாதிரியாயமையும்.

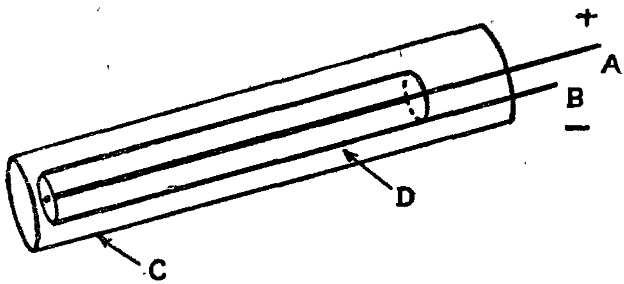
(b) **கதிரியக்க ஐசடோப்புகள்** சிறு அளவிலான தூய தனிமம் ஒன்றைச் சிறு அலுமினியக் கலங்களில் வைத்து, அணு உலையினுள் பல வாரங்கள் வரை வைத்திருப்பதன் மூலம் கதிரியக்க ஐசடோப்புகளை உருவாக்கலாம். தனிமமானது அணு உலையினுள் அமைந்த நியூட்ரான்களால் தொடர்ந்து தாக்கப் பெறுவதால் கதிரியக்க ஐசடோப்பாக மாற்றப்படுகிறது. காட்டாக, பாஸ்வரம் (அணு எடை 31)

அணு எடை 32 கொண்ட கதிரியக்கப் பாஸ்ஃபரஸாக மாற்றப்படுகிறது. சைக்ளோட்ரான் உதவியாலும் கதிரியக்க ஐசடோப்புகள் உருவாக்கப் பெறுகின்றன.

இந்த ஐசடோப்புகள் கதிரியக்கம் பெற்று, முன்னுரைக்கப் படக்கூடிய விதங்களில் அளவிடப்படக்கூடிய அளவுகளில் கதிர் வீச்சை வெளிவிடுகின்றன. சில ஐசடோப்புகள் ஆல்ஃபா துகள்களையும், சில பீட்டாத் துகள்களையும், சில காமாக் கதிர்களையும் மற்றும் சில நியூட்ரான்களையும் வெளிவிடுகின்றன.

கதிர்வீச்சுகளைக் 'கைகர் எண்ணி' (Geiger counter) ஒன்றின் உதவியால் கண்டுணரவும் அளவிடவும் முடியும். கதிர் வீச்சுகள் வாயு ஒன்றின் வழியே செல்லும் போது அதனை அயனியாக்கம் செய்கின்றன. கதிர்வீச்சின் இந்த அயனியாக்கப் பண்பையே கைகர் எண்ணி அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ளது.

கைகர் எண்ணி: கைகர் எண்ணி ஒன்றில் உலோக உருளை ஒன்றின் அச்சு வழியே மெல்லிய கம்பி ஒன்று, உருளையினின்றும் மின்காப்பிடப்பட்ட நிலையில் அமைந்துள்ளது (படம் 7-19). இம்



படம் 7-19

கைகர் எண்ணி

முழு அமைப்பும் குறைந்த அழுத்தத்தில் ஆர்கான் வாயுவால் நிரப்பப்பட்ட கண்ணாடிக்குழாய் ஒன்றினுள் அமைக்கப் பட்டுள்ளது. கண்ணாடிக்குழாயின் வழியாகச் செலுத்தப்பட்ட இணைப்புக் கம்பிகளின் உதவியால் உருளைக்கும் கம்பிக்கும் மின் இணைப்புக் கொடுக்கலாம். உருளைக்கும் கம்பிக்கும் இடையே சுமார் 1000 வோல்ட் அளவிலான மின்னழுத்தம் நிறுவப்படுகிறது. கதிர் வீச்சானது வாயுவின் வழியே செல்லும் போது அயனிகளை உருவாக்கும். இந்த அயனிகள் அவற்றை ஈர்க்கும் மின்வாய்களை

(உருளை அல்லது கம்பி) நோக்கிச் சென்று அங்கு தங்களது மின்னூட்டத்தை அளிக்கின்றன. இதன் பயனாய் எண்ணியின் வழியே கணநேர மின்னோட்டம் ஒன்று நிகழ்ந்து கணநேர மின்னழுத்தக் குறைவு ஒன்று தோன்றுகிறது. இந்த மின்னழுத்தத் துடிப்பானது பெருக்கப்பட்டு ஒலிப்பான் ஒன்றில் 'கிளிக்' ஒலி ஒன்றை விளைவிக்குமாறோ, துடிப்பு எண்ணி (impulse counter) ஒன்றை இயக்குவிக்குமாறோ செய்யப்படுகிறது. ஒரு செகண்டில் ஒலிப்பானில் உருவாகும் 'கிளிக்' ஒலிகளின் எண்ணிக்கையோ, துடிப்பெண்ணி குறிப்பிடும் எண்ணிக்கையோ அயனியாக்கம் செய்யும் கதிர் வீச்சின் செறிவிக்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது.

7.2.2. கதிரியக்க ஐசடோப்புகளின் சில பயன்கள்

(a) **விவசாயம்:** தாவரங்களில் ஒரு குறிப்பிட்ட தனிமத்தின் உட்கவர் அளவையும் உட்கவர் வீதத்தையும், அத்தனிமத்தின் கதிரியக்கச் சேர்மம் (தனிமத்தின் கதிரியக்க ஐசடோப்பைக் கொண்டு தயாரிக்கப்பட்ட சேர்மம்) அடங்கிய உரத்தைப் பயன்படுத்துவதன் மூலம் மதிப்பிடலாம். கைகர் எண்ணியைப் பயன்படுத்தித் தாவரத்தின் தண்டும் இலைகளும் கதிரியக்கத்திற்கென அவ்வப் போது ஆராயப்படுகின்றன. கண்டுணரப்படும் கதிர் வீச்சின் தன்மையும் அளவும் தாவரத்தால் உட்கவரப்பட்ட குறிப்பிட்ட தனிமத்தைப் பற்றியும் உட்கவரப்பட்ட அத்தனிமத்தின் அளவைப் பற்றியும் அறிவுறுத்துகின்றன.

(b) **மருத்துவம்:** (i) காமாக் கதிர்களை வெளிவிடும் கோபால்ட் 60 போன்ற கதிரியக்க ஐசடோப்புகள் புற்றுக் கழலையின் (புற்று நோயின்) சிகிச்சைக்குப் பயன்படுகின்றன. காமாக்கதிர்கள் இயல்பான செல்களை விட புற்று நோய் செல்களைப் பெருமளவில் அழிக்கின்றன. முன்னதாக, விலையுயர்ந்ததும், அரிதாகக் கிடைக்கப் பெறுவதுமான ரேடியம் இச்சிகிச்சைக்குப் பயன்படுத்தப் பட்டது.

(ii) மனித உடலில் நோயுண்ட பகுதிகளை இடமறியவும் கதிரியக்க ஐசடோப்புகள் தடங்காண் ஊடகங்களாக (Tracers)ச் சில நேரங்களில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. மனித உடலில் ஓரிடத்தில் செலுத்தப்பட்ட கதிரியக்கப் பொருளானது உடலின் பிறபகுதிகளுக்குப் பரவும் போது கைகர் எண்ணி ஒன்றினால் பின்பற்றப்படுகிறது. நோயுண்ட பகுதியானது குறிப்பிட்டதொரு கதிரியக்க ஐசடோப்பை உட்கவருமாதலால் அதன் இருப்பிடத்தையும், அளவையும் மற்றும் நோயின் கடுமையையும் அறியலாம்.

கதிரியக்க அயோடின் உப்பானது (அயோடின் 131-லிருந்து பெறப்பட்டது) அயோடினை உட்கவரக் கூடிய மூளைக்கழலை களை இடமறியவும், தைராய்டு சுரப்பியின் விரிவாக்க அளவை மதிப்பிடவும் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

சோடியம் 24-லிருந்து பெறப்பட்ட கதிரியக்கச் சோடிய உப்பானது, உடலின் பல்வேறு பகுதிகளுக்கு இரத்தத்தைச் செலுத்தி இரத்த ஓட்டத்தை நிலைநிறுத்துவதில் இதயத்தின் பணித் திறமையைச் சோதித்தறியப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

7.2.3. மனித இயங்கியலில் (Human physiology) பரப்பு இழுவிசையும் பாகு நிலையும்

(a) பரப்பு இழுவிசை: மனித உடலில் இரத்த ஓட்டமானது இதயத்தால் நிறுவப்படுகிறது. இதயமானது ஆக்ஸிஜனேற்றம் பெற்ற தூய இரத்தத்தை இதயத்திலிருந்து தொடங்கி தமனி வழியாகவும் தந்துகிகள் வழியாகவும் உடலில் ஒவ்வொரு பகுதிக் கும் செலுத்துகிறது. இரத்தமானது தந்துகிகள் வழியாகச் சிரையை நோக்கிச் செல்லும்போது திசுக்களிலிருந்து கார்பன் டை ஆக்ஸைடை ஏற்றுக் கொண்டு தன்னிடமிருந்து ஆக்ஸிஜனை அளிக்கிறது. கார்பன் டை ஆக்ஸைடை ஏற்றுத் தூய்மையிழந்த இரத்தமானது சிரைகள் வழியாக இதயத்திற்குச் செலுத்தப்படு கிறது. அங்கிருந்து ஆக்ஸிஜனுடன் கார்பன் டை ஆக்ஸைடைப் பரிமாறிக் கொள்வதற்காக நுரையீரல்களுக்குச் செலுத்தப்படு கிறது. அங்கிருந்து மீண்டும் இதயத்திற்குச் செலுத்தப் படுகிறது. இரத்தமானது உடலுக்குத் தேவையான பிற பயனுறு பொருள் களையும் ஏந்திச் செல்கிறது.

தந்துகிகளின் வழியாக இரத்தம் பாய்வதானது பரப்பு இழப்பு விசையின் பயனாய் விளையும் நுண்புழை விளைவு என் னும் நிகழ்ச்சியினாலேயே ஆகும். தாவரங்களில் சத்துச் சாற்றின் (Nutrient Sap) இயக்கமும் இத்தகைய நிகழ்ச்சியினா லேயே விளைகிறது.

(b) பாகு நிலை: நுண்குழாய் ஒன்றின் வழியே ஓரலகுக் காலத்தில் பாயும் திரவத்தின் பருமனானது (v), திரவத்தை இயக்குவிக்கும் அழுத்தத்திற்கு (p) நேர்விகிதத்திலும், குழாயின் ஆரத்தின் (a) நான்கு மடிக்கு நேர்விகிதத்திலும், குழாயின்

நீளத்திற்கு (*l*) எதிர் விகிதத்திலும், திரவத்தின் பாகுநிலை எண்ணுக்கு (η) எதிர் விகிதத்திலும் உள்ளது. $\frac{\pi}{8}$ விகித மாறிலி எனில்,

$$v = \frac{\pi}{8} \frac{pa^4}{\eta l}$$

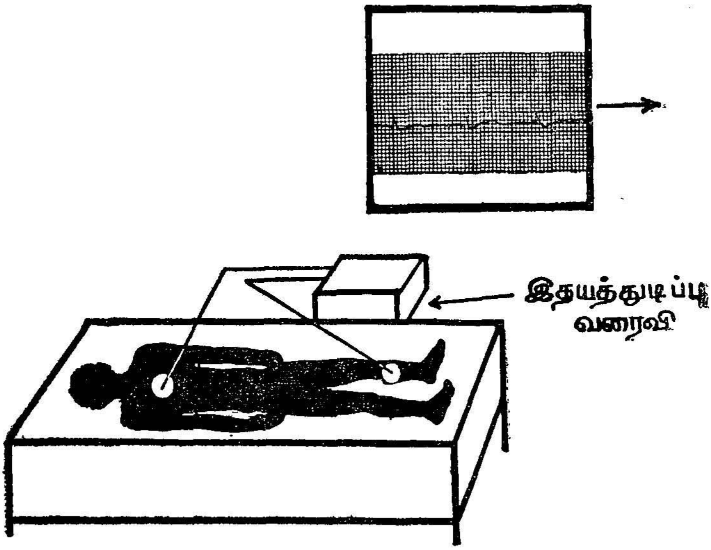
ஆகும். மூளை போன்ற முக்கிய உறுப்புகளுபட்ட உடலின் எல்லாப் பகுதிகளும் செவ்வனே பணிபுரிவதற்குத் தேவையான ஆக்ஸிஜனையும் ஊட்டச்சத்துக்களையும் இரத்தம் அளிக்கிறது. முக்கியமான உறுப்புகள் செவ்வனே பணிபுரிவதற்கு இரத்தமானது ஒரு குறிப்பிட்ட வீதத்தில் பாயவேண்டும். இரத்தம் நீர்த்து அமையுமாயின் இரத்தம் பாயும் வீதம் அதிகமாகும். மாறாக, அதிகப் பாகு நிலையைப் பெறுமாயின் இரத்தம் பாயும் வீதம் குறையும். எனவே, இயல்பான இரத்த ஓட்டத்தைப் பெற, இயக்கு அழுத்தத்தை அதிகப்படுத்த வேண்டும். இது மூளை, இதயம் போன்ற சில முக்கிய உறுப்புகளில் அதிகச் சுமையையும் அயர்வையும் விளைவிக்கக் கூடும். இவ்வாறாக, இரத்தத்தின் பாகுநிலையானது இரத்த ஓட்டத்தை வரையறுக்கக்கூடும். ஆஸ்வால்டு பாகுநிலைமானியை யொத்த ஒருசில துளிகள் இரத்தமே தேவைப்படும் சிறிய பாகு நிலைமானியைக் கொண்டு இரத்தத்தின் பாகுநிலையை மதிப்பிடலாம்.

7.2.4. இதயத்துடிப்பு மின்வரைவி (Electrocardiograph)

தற்காலத்தில் மருத்துவர்கள், குறிப்பாக இதயநோய் வல்லுநர்கள் இதயத்தின் நிலையை அறிய இதயத்துடிப்பு மின்வரைவி என்றதொரு கருவியைப் பயன்படுத்துகிறார்கள். பொதுவாக ECG என அழைக்கப் பெறும் இக்கருவி நோயாளியின், இதயத் துடிப்பு மின்னதிர்வுகளைப் பதிவு (Electrocardiogram) செய்யப் பயன்படுகிறது. ECG-ஐப் பற்றிய ஆய்வினின்றும், இதயத் துடிப்புமானி (Stethoscope) மூலம் இதயத்துடிப்பை ஆராய்வதன் மூலமும் இதயத்தின் நிலையை மருத்துவர் அறிகிறார்; தேவையான சிகிச்சை முறையையும் தேர்ந்தெடுக்கிறார். காகித நாடா ஒன்றில் பதிவு செய்யப்பட்ட இதயத்துடிப்புமின்னதிர்வுகள் இதயத்தின் செயற்பாங்கைப் பற்றிய முழு விபரங்களையும் அளிக்கிறது. இதயமானது ஓய்வின்றி எப்போதும் சீராகத் துடித்துக் கொண்டிருக்கிறது. இதன் பயனாய் இதயத்தின் சுவர்கள் சுருங்கி விரிந்து அதன் வலது கீழறையிலிருந்து நுரையீரல்களுக்கும் இடது கீழறையிலிருந்து பெருந்தமனி வழியாக

உடல் முழுவதற்குமாகவும் காலவட்டமாக இரத்தம் செலுத்தப்படுகிறது. இதயத்தின் இத்தகைய சுருங்கி விரியும் இயக்கத்தால் மின்னியக்கு விசை ஒன்று தோற்றுவிக்கப்படுகிறது. இம்மின்னியக்கு விசையின் அளவானது தசைநார்களின் சுருக்கவிரிவுக்கேற்ப மாறுபடுகிறது.

இதயத்துடிப்பு மின்னதிர்வுகளைப் பதிவு செய்ய உடலின் மீது தக்க இரு இடங்களில் இரு மின்வாய்கள் பொருத்தப்படுகின்றன. காட்டாக, ஒரு மின்வாய் இதயத்திற்கு அருகிலும் அடுத்தது உடலுறுப்புகளின் முனைகளிலும் பொருத்தப்படுகின்றன. மின்வாய்கள் பொருத்தப்படும் உடல் பகுதிகள் மின்கடத்து தன்மையைப் பெறுவதற்கேற்ப அங்கு மின்கடத்துக் கூழ் ஒன்று பூசப்படுகிறது. இதயத்துடிப்பின் காரணமாக அம்மின்வாய்களுக் கிடையே தோன்றும் மின்னியக்கு விசையின் மாறு



படம் 7-20

இதயத்துடிப்பு மின்வரைவி

பாடுகள் இதயத்துடிப்பு வரைவிக்கு எடுத்துச் செல்லப்பட்டு, மையிடப் பெற்ற குறியிடு கோல் ஒன்றை இயக்குவதற்கேற்ப பெருக்கப்படுகிறது. குறியிடு கோலானது அதன் இயக்கத் திசைக்கு நேர்குத்தாக சீராக இயங்கும் காகித நாடா ஒன்றின்

மீது மின் இயக்கு விசை மாறுபாடுகளை அலை வடிவில் பதிவு செய்கிறது (படம் 7-20). தேர்ந்த மருத்துவர் ஒருவர் இந்த அலை வடிவிலமைந்த கோட்டிலிருந்து இதயத்தின் நிலையைப் பற்றியும் இரத்த ஓட்டத்தைப் பற்றியும் தேவையான தகவலைப் பெறுகிறார். மின்வாய்களை வெவ்வேறு இடங்களில் பொருத்திப் பல ECGக்கள் பதிவு செய்யப் படுகின்றன. ECG பதிவு செய்யப்படும் போது நோயாளி அமைதியாக இருத்தல் வேண்டும்.

7.3 உயிரியல்

(1) **நுண்ணோக்கிகள்:** உயிரியல் துறைகளிலான ஆய்வு களில் கூட்டு நுண்ணோக்கிகள் பெரிதும் பயன்படுத்தப்படுகின் றன. கூட்டு நுண்ணோக்கி ஒன்றினால் பெறக்கூடிய உருப் பெருக்கத்திற்கு ஒரு வரம்பு உண்டு. அதனைவிட அதிக உருப்பெருக்கம் தேவைப்படும் போது மீநுண்ணோக்கிகளும் எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கிகளும் பயன்படுத்தப் படுகின்றன.

(2) **சவ்வூடு பரவுதல்:** தாவர இயங்கியலில் (Plant Physiology) காணப் பெறும் பல கருத்துக்களை சவ்வுடு பரவுகை அழுத்தத்தின் (Osmotic Pressure) அடிப்படையில் விளக்கமுடியும். சவ்வூடுபரவுகை அழுத்த மானது டட்சாக்கட் (Dutsochat) மற்றும் ஹயுசோ டெவ்ரீஸ் (Hugodevries) என்ற தாவரவியல் வல்லு நர்களால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. சவ்வூடுபரவுதலைப் பற்றிய அளவார்ந்த ஆய்வுகள் வில்ஹெல்ன் ஃபெஃபர் (Wilheln Pfeffer) மற்றும் வான்ட்ஹாஃப் ஆகியோரால் மேற்கொள் ளப்பட்டன. அதனையடுத்து அவர்கள் இயற்பியல் மற்றும் வேதியியலின் அடிப்படையில் சவ்வூடு பரவுகை அழுத்தத்திற்கு விளக்கமளித்தனர்.

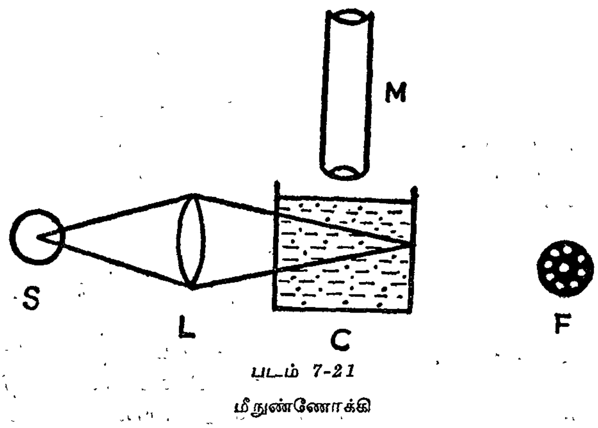
7.3.1. மீநுண்ணோக்கி (Ultra microscope)

சாதாரண நுண்ணோக்கியைப் பயன்படுத்திக் காணக்கூடிய துகள்களின் அளவுக்கு ஒரு வரம்பு உள்ளது. சாதாரண நுண் ணோக்கியைக் கொண்டு நோக்க முடியாத அளவுக்கு மிகச் சிறியதாக அமைந்த துகள்களை மீநுண்ணோக்கி கொண்டு, நோக்கலாம். அவ்வாறு நோக்கும்போது துகள்கள் பொலிவு மிக்க ஒளிப்புள்ளிகளாகத் தோற்றமளிக்கும். துகள்களின் இயக்

கத்தை நோக்க முடியுமாயினும் அவற்றின் கட்டமைப்பு விவரங் களைக் காண முடியாது.

மீநுண்ணோக்கியின் தத்துவம்: மீ நுண்ணோக்கியானது முதலில் H. சிடன்டாஃப் (H. Sidentoff) மற்றும் R.ஸிக்மாண்டி (R. Zigmondy) ஆகியோரால் அமைக்கப்பட்டது. மீநுண்ணோக்கியானது டிண்டால் விளைவு (Tyndall Effect) என்னும் விளைவை அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ளது. பல நுண்ணிய துகள்கள் பரவலாக அமைந்த காற்று மற்றும் நீர் போன்ற பொருள்களின் வழியே ஒளி செல்லும்போது அது அத்துகள்களினால் எல்லாத் திசைகளிலும் சிதறடிக்கப்படுகிறது. குறைந்த அலை நீளங்கொண்ட ஒளியானது அதிக அலை நீளங் கொண்ட ஒளியைவிடப் பெருமளவில் சிதறடிக்கப் படுகிறது. நீலவண்ண ஒளியானது சிவப்பு வண்ண ஒளியைவிடப் பெருமள வில் சிதறடிக்கப்படுகிறது. சாளரம் ஒன்றின் வழியே இருட் டறை ஒன்றினுள் சூரிய ஒளி செலுத்தப்படுமாயின் அதன் பாதையிலமைந்த தூசுத்துகள்கள் பொலிவுமிக்க ஒளிப்புள்ளிக ளாகத் தோன்றும்.

கட்டமைப்பு: மீநுண்ணோக்கியில் (படம் 7-21) செறிவு மிக்க ஒளிக்கற்றை ஒன்று சிறு கண்ணாடித் தொட்டி ஒன்றினுள் உள்ள திரவம் ஒன்றினுள் குவிக்கப் படுகிறது. இத்திரவத்தில்



படம் 7-21

மீநுண்ணோக்கி

சூழ்நிலையிலமைந்த துகள்கள் பரவியுள்ளன. திரவமானது அது ஒளி விளக்கம் செய்யப்படும் திசைக்கு நேர்குத்தாயமைந்த அச் சைக் கொண்ட நுண்ணோக்கி ஒன்றால் ஆராயப்படுகிறது.

துகள்கள், அவை சிதறடிக்கும் ஒளியின் காரணமாகப் பொலிவு மிக்க ஒளிப்புள்ளிகளாகத் தோற்றமளிக்கின்றன.

பிரௌனிய இயக்கம் (Brownian motion): நீரினுள் மகரந்தத் துகள்கள் போன்ற நுண்துகள்களை இடுவோமாயின் அத்துகள்கள் நீர் மூலக் கூறுகளால் தொடர்ந்து தாக்கப்படுவதால் அங்குமிங்கும் இயங்குவதைக் காணலாம். அத்தகைய இயக்கத்தை முதலில் கண்டவர் பிரௌன் என்ற தாவரவியல் வல்லுநராவார். எனவே, அது பிரௌனிய இயக்கம் என அழைக்கப்படுகிறது.

பயன்: மீநுண்ணோக்கியின் தத்துவமானது கூட்டு நுண்ணோக்கிகளில் இருண்ட பின்னணியை ஒளிவிளக்கம் செய்வதற்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

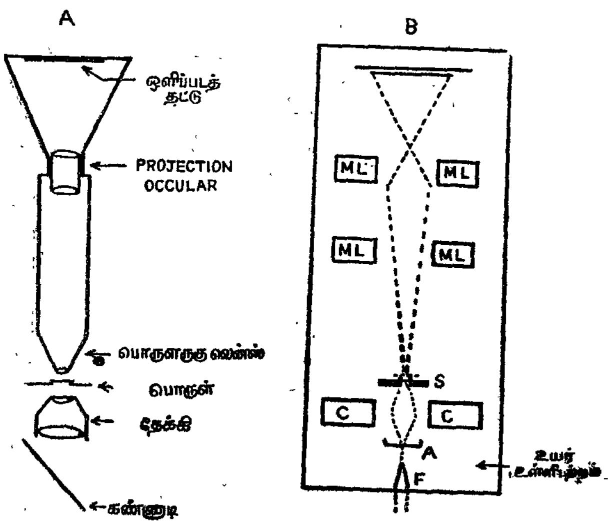
7.3.2. எலெக்ட்ரான் மைக்ராஸ்கோப்

கூட்டு நுண்ணோக்கி ஒன்றைக் கொண்டு பெறக்கூடிய பெரும உருப்பெருக்குத்திறன் 2000 ஆகும். மிகக்குறைந்த குவியத்தைக் கொண்ட எண்ணெய் முழுக்குப் பொருளருகு லென்சைக் கொண்டு இத்தகைய உருப்பெருக்கு திறனைப் பெற முடிகிறது.

நோக்கப்படும் பொருளானது அதனை ஒளிவிளக்கம் செய்வதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் ஒளியின் அலைநீளத்தில் மூன்றிலொரு பகுதியை விடச்சிறியதாக அமையுமாயின் ஒளிக்கதிர்கள் பொருளால் பிரதிபலிக்கப் படாமல் அதனைச் சுற்றி வளைந்துச் சென்று விடுகின்றன. கண்ணுறு ஒளியின் அலை நீளங்கள் சுமார் 350 *nm* முதல் 700 *nm* வரை ($1nm = 10^{-9}$ மீட்டர்) உள்ளன.

எலெக்ட்ரான் மைக்ராஸ்கோப்பின் அமைப்பு: இதில் சூடேற்றப்பட்ட கேதோடு போன்றதோர் எலக்ட்ரான் மூலம் ஒன்றிலிருந்து தோன்றும் எலெக்ட்ரான்கற்றை ஒன்று நேர் மின்னழுத்தம் ஒன்றினால் முடுக்குவிக்கப் பட்டு, ஒளிக்கற்றையைப் போன்று செயற்படுகிறது. இந்த எலெக்ட்ரான் கற்றையை நிலைமின்னியல் லென்சுகளாலோ காந்தவியல் லென்சுகளாலோ குவிக்கவோ, விரிக்கவோ செய்யலாம் (படம் 7- 22). எலெக்ட்ரான் கற்றை ஒன்றின்அலை நீளமானது 5 பிகோ மீட்டர் (பிகோ மீட்டர் $= 10^{-12}$ மீ) அளவிலான மிகக் குறைவான

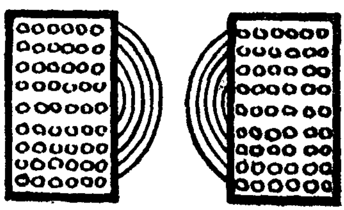
மதிப்பைப் பெற்றுள்ளது. அது கண்ணுறு ஒளியின் அலை நீளத்தை விடப் பல்லாயிரம் மடங்கு சிறியதாகும். எனவே,



படம் 7-22

எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி

அக்கற்றையானது அந்த அளவு சிறிய பொருள்களையும் உருப் பெருக்க உதவமுடியும்.



படம் 7-23

காந்தவியல் லென்ஸ்

காந்தவியல் லென்ஸின் குவியத் தூரமானது (படம் 7- 23) எலெக்ட்ரான்களின் திசை வேகத்தையும் காந்தமாக்கும் கம்பிச் சுருள்களின் (சிறு இடைவெளி ஒன்றுடன் கூடிய

இரும்பு உறையினுள் அமைக்கப்பட்ட கம்பிச் சுருள்கள்) வழிச் செல்லும் மின்னோட்டத்தையும் சார்ந்துள்ளது. கம்பிச் சுருளின் வழிச் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் அளவை மாற்றுவதன் மூலம் எலெக்ட்ரான் கற்றையைக் குவிக்கலாம். கேதோடுக்கும் ஆனோடுக்கும் இடையே அமையும் முடுக்குவிக்கும் மின்னழுத்த மதிப்பை மாற்றுவதன் மூலம் எலெக்ட்ரான்களின் திசை வேகத்தை மாற்ற முடியும். மின்னோட்டங்களும் மின்னழுத்தங்களும் மாறாமலிருக்க மின்னழுத்த நிலைப்படுத்தி (Voltage Stabilizer) ஒன்று பயன் படுத்தப் படுகிறது.

60000 வோல்ட் மின்னழுத்தத்தால் முடுக்குவிக்கப் பெற்ற எலெக்ட்ரான் கற்றையின் சமான அலைநீளம் 5 பிகோ மீட்டர் ஆகும்.

நோக்கப்பட வேண்டிய பொருளானது கொலோடியன் (collodion) மெல்லேடு ஒன்றில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த மெல்லேடு வழியே எலெக்ட்ரான் கற்றை ஊடுருவிச் செல்லுகிறது. மெல்லேட்டின் மாறுபடு தடிப்பில் விளையும் மாறுபடு சிதறலின் காரணமாக மெல்லேட்டை ஊடுருவும் எலெக்ட்ரான் கற்றையானது பொருளின் பிம்பத்தை ஏந்திச் செல்லுகிறது. காந்தவியல் லென்ஸ் அமைப்பானது ஒளிர்திரை ஒன்றில் பொருளின் மிகவும் பெரிதாக்கப்பட்ட கண்ணுறு பிம்பம் ஒன்றை உருவாக்குகிறது. ஒளிர் திரைக்குப் பதிலாக ஒளிப்படத் தகடு ஒன்றை அமைத்துப் பிம்பத்தின் நிரந்தரப் பதிவு ஒன்றைப் பெறலாம். எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி முழு அமைப்பும் விரவு பம்புகளின் உதவியால் மிக உயர்ந்த அளவு வெற்றிடமாக்கப்படுகிறது.

100 முதல் 300 வரையிலான அணுகளைக் கொண்ட பெரும் மூலக்கூறுகளைக் கூட இந்த நுண்ணோக்கியின் மூலம் உருப் பெருக்கம் செய்யலாம். மிகச் சிறிய பாக்டீரியாவை விடவும் கணிசமான அளவு சிறிய நோயேந்தும் துகளான வைரசையும் கூட எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் உதவியால் ஒளிப்படமெடுத்து ஆராயலாம். வைரசின் அளவானது 10^{-6} செமீ (10 nm) அளவில் இருக்கும். வைரஸ், தாவரங்களையும் விலங்கினங்களையும் தாக்கும்.

வரம்புகள்: எலெக்ட்ரான் கற்றையை உயர் வெற்றிடம் ஒன்றிலேயே பயன் படுத்த முடியும். இதன் காரணமாக உயிர்ப் பொருள்களையும் அத்தகைய சூழல்களில் ஆவியாகிச்

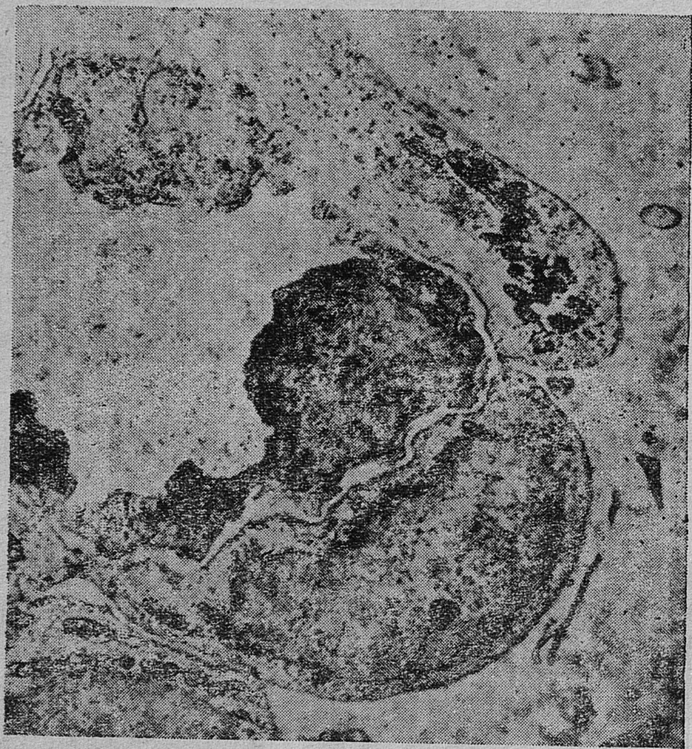
சிதைவுறக் கூடிய பொருள்களையும், ஆராய்வதற்கு எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியைப் பயன்படுத்த முடியாது. பல பொருள்கள் எலெக்ட்ரான் கற்றையில் தக்கவேறுபாட்டு முனைப்பை (contrast) உருவாக்காமல் இருக்கலாம். தாவரவியலில், புரோட்டோப்ளாஸம் பற்றியும் மருத்துவத்தில் வைரஸ் பற்றியும் நல்லதோர் அறிவைப் பெறுவதில் எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி பெருந்துணை புரிந்துள்ளது.

படம் 7-24

எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி படம் - கரு-ரிபோசோம்

ஒளிப்படம் 7-24, சென்னை மருத்துவக் கல்லூரியில் நோயியல் கழகத்தில் (Institute of Pathology) எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி ஒன்றின் உதவியுடன் எடுக்கப்பட்ட செல்

களிடைவெளி (intercellular)யின் (இரத்தக் குழாயின்) ஒளிப் படமாகும்.

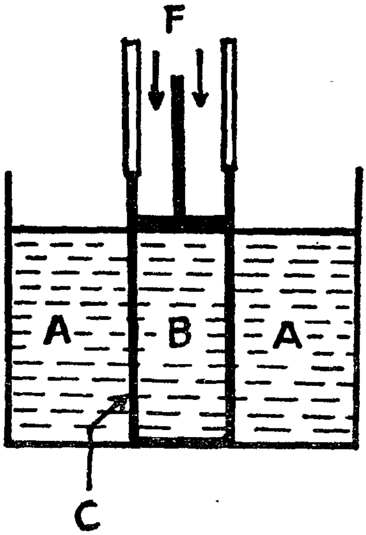


படம் 7-25
எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி படம் — இரத்தக் குழாய் செல்களிடை வெளி

7.3.3. சவ்வூடு பரவுகை

வெவ்வேறு செறிவுகளைக் கொண்ட கரைசல்கள், கரைப்பான் (காட்டாக, நீர்) மட்டும் ஊடுருவவல்ல சவ்வு ஒன்றினால் பிரிக்கப்பட்டு அமையுமாயின் கரைப்பானானது குறைந்த செறிவு கொண்ட கரைசலிலிருந்து அதிகச் செறிவு கொண்ட கரைசலுக்குச் சவ்வு வழியே ஊடுருவி இரு கரைசல்களின் செறிவுகளையும் சமப்படுத்த முயற்சிக்கிறது. படம் 7-26-ல் *B*-யினுள் நீரின் ஊடுருவலைச் சற்றே தடுத்து நிறுத்துவதற்குத் தேவையான புற அழுத்தம் கரைசலின் சவ்வூடு பரவுகை அழுத்தம் எனப்படுகிறது.

சவ்வூடு பரவுகை அழுத்தத்திற்கான எடுத்துக் காட்டு: ஒரு வழிச் சவ்வு ஒன்றிலான மீட்சிப்பை ஒன்று சர்க்கரைச்



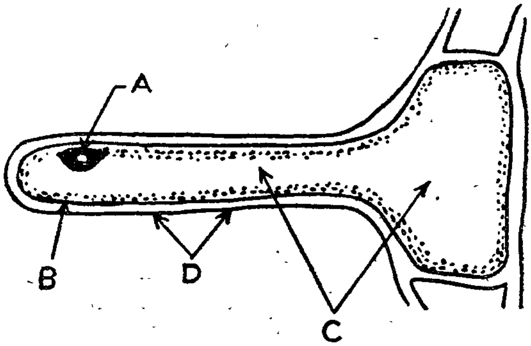
படம் 7-26

சவ்வூடு பரவுகை

கரைசலால் நிரப்பப்பட்டு நீரினுள் அமுக்கப் படுமாயின், நீரானது பையினுள் நுழைந்து அதனைப் பருக்கச் செய்யும். பையினுள் நுழையும் நீரானது அங்குத் திரண்டு சவ்வின் ஆக்கத்துகள்கள் ஒட்டியிணைவதை எதிர்த்து பையின் மீட்சிச் சுவர்களை விரிவுறச் செய்கிறது. இவ்வாறு திரளும் நீரின் அழுத்தமானது கரைசலின் சவ்வூடு பரவுகை அழுத்தத்திற்குச் சமமாகும் பொழுது பையினுள் நீர் நுழைவது நிறுத்தப்படும். இந்த எடுத்துக் காட்டானது தாவரங்களில் வேர்த்தூவிகளின் (Root hairs) பணியையும் ப்ளாஸ்மாலிசிஸ் (Plasmalysis) பற்றியும் விறைப்புச் செல்கள் (Turgo cells) பற்றியும் தெளிவான விளக்கத்தையளிக்கும்.

தாவரங்களின் வேர்த்தூவிகளும் பிற உயிர் வாழ் செல்களும் நீரினுள் அமுக்கப்பட்ட, சர்க்கரைக் கரைசலைக் கொண்ட மீட்சிப் பையைப் போல் செயற்படுகின்றன. நுண்குமிழி (Vacuole) யானது சர்க்கரை உள்ளிட்ட பல கரைபொருட்களின் நீரிலான கரைசலைக் கொண்டுள்ளது. அதனைச் சுற்றி

யமைந்த புரோட்டோப்ளாச ஏடானது நீர் ஊடுருவவல்லதாகவும் குறுகிய காலங்களுக்குக் கரைக்கப்பட்ட நிலையிலுள்ள கரை பொருள்கள் ஊடுருவவல்லதாகவும் அமைகிறது. மெலிந்த

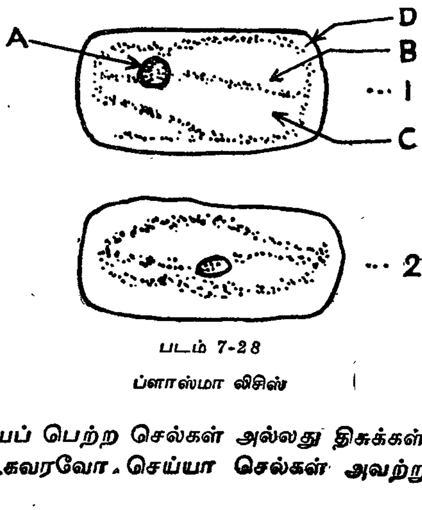


படம் 7-27

வேர்த்தூவி

A-கரு; B-சைட்டோ பிளாசம்; C-நுண்குமிழி; D-மென்சுவர்

புரோட்டோப்ளாசமானது அத்தகைய கரைசல்களாலும் நீராலும், அதனுள் அமைந்த பெரும்பாலான கரைசல்களால் ஊடுருவ வல்ல செல்லுலோஸ் சுவராலும் சூழப்பட்டுள்ளது. உள்ளும் புறமும் அதே சவ்வூடு பரவுகை அழுத்தத்தைக் கொண்ட கரை



படம் 7-28

ப்ளாஸ்மா விசிஸ்

சல்கள் அமையப் பெற்ற செல்கள் அல்லது திசுக்கள் நீரை வெளி விடவோ உட்கவரவோ செய்யா செல்கள் அவற்றுள் அமைந்த

செல்சாற்றைவிட அதிகச்சவ்வூடு பரவுகை அமுத்தத்தைக் கொண்ட கரைசலில் அமையுமாயின் நுண்குமிழிகளினின்றும் நீர் வெளியேறும். இதன் காரணமாக, அதனைச் சுற்றியமைந்த, புரோட்டோப்ளாச ஏடானது நுண்குமிழியினுள் எஞ்சியிருக்கும் சாற்றின் சவ்வூடு பரவுகை அமுத்தமும் அதன் புறத்தேயமைந்த கரைசலின் சவ்வூடு பரவுகை அமுத்தமும் சமமாகும் வண்ணம் சுருங்குகிறது. இதுவே ப்ளாஸ்மாலிசிஸ் என அழைக்கப்படு கிறது (படம் 7-28).

நீரை ஏற்றுக்கொண்டதால் முற்றிலும் விரிவுபெற்ற விறைப் புச் செல்கள் இலேசானதாகவும் விறைப்பானதாகவும் மாறு கின்றன. எனவே, அவை ஒன்றோடொன்றும் புறத் திசுக்களுட னும் அமுத்துகின்றன. விறைப்பில் ஏற்படும் மாறுதலால் செல் வடிவில் மாற்றமும் தாவரங்களில் இயக்கமும் நிகழ்கின்றன.

சவ்வூடு பரவுகையானது செல்களிடையே நீர்ப்பங்கீட்டை அறுதிசெய்வதில் பெரும் பங்கு வகிக்கிறது.

தாவரங்களில் காணப்படும் வேர் அமுத்தமும் சவ்வூடு பரவு தலை அடிப்படையாகக் கொண்டதேயாகும். செடி ஒன்று தரைமட்டத்திற்குச் சற்று மேலாக வெட்டப்படுமாயின் அதன் வெட்டப்பட்ட தண்டுப் பகுதியிலிருந்து சிறிது நேரத்திற்குத் திரவம் ஒன்று கசிவதைக் காணலாம்.

வளிமண்டலம் தெவிட்டிய நிலையிலுள்ளபோது, புல் மற்றும் அதனையொத்த தாவரங்களின் இலை முனைகளிலிருந்து நீர்த்துளிகள் வெளியேறுதலும் நீரின் சவ்வூடு உட்கவர்தலால் (Osmotic absorption) நிகழ்வதாகும்.

பகல் நேரத்தில் வாடிப்போன அல்லது வாடிப்போகும் நிலையிலுள்ள செடி ஒன்றிற்கு மாலைவேளையில் நீருற்றுவதன் மூலம் அதனை உயிர்ப்பிக்கலாம். வேர்த்தூவிகளுடன் தொடர்பு கொண்ட மண்ணில் அதிக நீர் இருப்பதால் நீரின் சவ்வூடு உட்கவர்தல் நிகழ்கிறது. நீராவிப் போக்கு (Transpiration) மற்றும் நுண்குழாய் விளைவு போன்ற விளைவுகள் சத்து நீரானது வேரிலிருந்து இலைகளுக்குப் பரவுவதற்குக் காரணமாயமைகின்றன.

7.4. மண்ணியல் (Geology)

7.4.1. கனிவள மணணியற்பியல் ஆய்வு (Geophysical Prospecting)

கடந்த காலங்களில் துணிவுள்ள வீரர்கள் பலர் விலை யுயர்ந்ததும் இயற்கையில் தன்னிலையிலேயே கிடைக்கக் கூடிய ஒரே உலோகமானதுமான தங்கத்தைத் தேடி அதுவரை யாரும் சென்றறியாத இடங்களுக்குச் சென்று துணிகர முயற்சிகளில் ஈடுபட்டனர். அவர்கள் கனிவள ஆய்வாளர்கள் (Prospectors) என அழைக்கப்பட்டார்கள். அவர்கள் தங்களது செல்வ நிலையை உயர்த்திக் கொள்வதற்கென தங்கத்தை தேடினர். மேலும் சிலர் பிற உலோகத் தாதுக்கள் கிடைக்கும் இடங்களைத் தேடிக் கண்டுபிடித்து உரிமை கொண்டாடினர். அண்மைக் காலங்களில் கதிரியக்கக் கனிமங்களைத் தேட தொடங்கினர்; பின்னர் பெட்ரோலியம் ஊற்றுக்களைக் காண்பதற்கென தூரப் பயணப் பணியில் ஈடுபட்டனர்.

கனிமங்கள் மற்றும் தாதுக்களுக்கான தேட்டையானது தொடக்கத்தில் துணிகரச் செயலாகவும் செல்வந்தேடும் செய லாகவுமே கருதப்பட்டது. சில துணிகர மனிதர்கள் தாங்களா கவோ, செல்வந்தர்களால் தூண்டப்பட்டோ அத்தகைய தேட்டைகளை மேற்கொண்டனர். அத்தகைய தேட்டையே காலப்போக்கில் அடிப்படை அறிவியற்கருத்துக்களின் துணை கொண்டு, முறையாகத் திட்டமிடப்பட்டு, மேற்கொள்ளப்பட்ட அறிவியல் ஆய்வாக மாறியது. கனிமங்கள் மற்றும் தாதுக்கள் கிடைக்கப்பெறும் இடங்களைக் காணும் முயற்சியில் மண்ணிய லாளர்கள், இயற்பியலாளர்கள், வேதியியலாளர்கள் மற்றும் பொறியியலாளர்கள் ஆகியோர் புவிப்பரப்பையும், புவிப்பரப் பினுள்ளும், கடலடியையும் தொடர்ந்து முற்றிலுமாக ஆராய்ந்து வருகின்றனர்.

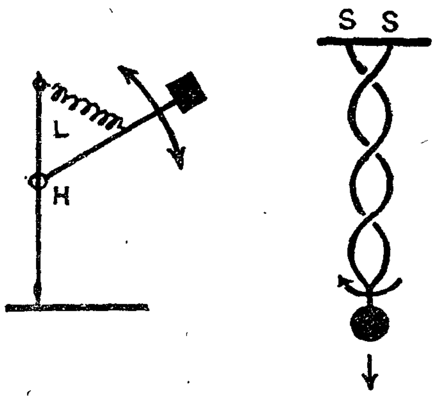
கனிவள மண்ணியற்பியல் ஆய்வு எனப்படும் இத்தகைய ஆய்வினை நிலத்திலும் திறந்த கடற்பரப்பிலும் அறிவியலா ளர்கள் தொடர்ந்து மேற்கொண்டனர். நிலத்தின்வழி எளிதில் அடைய முடியாத பகுதிகளில் வான்வழி பறந்து சென்றும் கனி வள ஆய்வு நடத்தப்பெறுகிறது.

கனிவள ஆய்வின் தத்துவம்: கனிம வளம் மிகுந்த தாதுப் பொருள்கள் செறிந்த நிலப்பகுதியின் பண்புகள் அதனைச்

சூழ்ந்துள்ள பிற பகுதிகளின் பண்புகளினின்றும் ஏதேனுமொரு வகையில் மாறுபடக்கூடும். காட்டாக, கடினப்பாறைப் படிவங்களின் கீழ்ச் சிலசமயங்களில் எண்ணெய் ஊற்றுகள் காணப்படுகின்றன. குறிப்பிட்ட கனிமத்தாது அல்லது பாறைப் பொருளைக் கண்டுணர்வதற்கு அத்தகைய மாறுபட்ட பண்பு பயன்படுத்தப்படுகிறது.

கனிவள ஆய்வில் (1) அடர்த்தி, (2) மீட்சிப்பண்பு, (3) மின் கடத்துதிறன், (4) உட்புகுதிறன் போன்ற காந்தவியல் பண்புகள் மற்றும் (5) கதிரியக்கம் போன்ற பண்புகள் பயன் படுத்தப்படுகின்றன.

(a.) ஈர்ப்பியல் முறைகள் (Gravitational methods): களிக்கற் பாறை (Shale), சுண்ணாம்புக் கற்பாறைகள் (Limestones) மணற்பாறைகள் (Sandstones) போன்ற குறைந்த செறிவுடைய பாறைகளால்சூழப்பெற்ற, கருங்கல்போன்ற எரிமலைப்பாறைகள், அடர்த்தியாகவும் பெருமளவிலும் அமைந்த நிலப்பகுதியில் செறிவு மிகுந்த பொருளினால் விளையும் ஈர்ப்பு விசையானது செறிவு



படம் 7-29

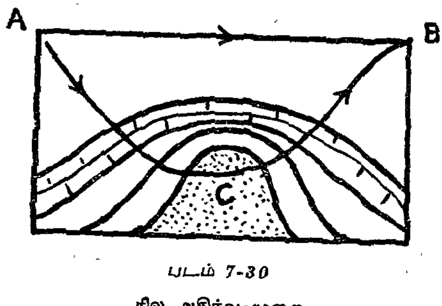
ஈர்ப்பியல் முறை

குறைந்த பொருளினால் விளையும் ஈர்ப்பு விசையைவிட அதிகமாகும். எனவே, அத்தகைய நிலப்பகுதியில் ஈர்ப்புப்புலம் ஆங்காங்கே மாறுபடும். ஈர்ப்புப்புலத்தின் கிடைத்தள மற்றும் செங்குத்துக் கூறுகள் பல இடங்களில் அளவிடப்படுகின்றன. கிடைத்தளக் கூறு எட்வாஸ் (Etvos) முறுக்குத் தராசுகளின் உதவியாலும்,

செங்குத்துக் கூறு உணர்வு நுட்பத்துடன் கூடிய ஈர்ப்பு மானிகளின் உதவியாலும் அளவிடப்படுகின்றன. அந்த அளவீடுகள் படம் ஒன்றில் குறிக்கப்படுமாயின், அத்தகைய படத்திலிருந்து அனுபவம் வாய்ந்த மண்ணியற்பியலாளர் ஒருவர் நிலப்பகுயின் அடர்த்தி மாறுபாடுகளை ஆராய முடியும். இம் முறையில் பயன்படும் பண்பு அடர்த்தியாகும்.

(b) நில அதிர்வு முறை (Seismic method). இம் முறையில் பயன்படும் பண்புகள் மீட்சிப் பண்பும் அடர்த்தியுமாகும். ஊடகம் ஒன்றில் ஒலியின் வேகமானது அவ்வூடகத்தின் மீட்சிப்பண்பையும் அடர்த்தியையும் சார்ந்துள்ளது. இம் முறையில் நிலப்பரப்பிற்கு ஒரு சில மீட்டர்கள் ஆழத்தில் சிறு அளவு வெடிமருந்து கொண்டு ஒரு சிறு வெடிப்பு விளைவிக்கப்படுகிறது. இவ்வெடிப்பினால் உருவாகும் செறிவுமிக்க அலைத் துடிப்பு எல்லாத் திசைகளிலும் பயணம் செய்கிறது. இந்த அதிர்வுகள் வெவ்வேறு பொருள்களில் வெவ்வேறு வேகங்களுடன் பயணம் செய்கின்றன; கடினப் பரப்பு ஒன்றை அடையுமாயின் அவை பிரதிபலிக்கப்படுகின்றன.

அலைத் துடிப்பு தொடங்கும் இடத்திலிருந்து சம்தொலைவுகளிலுள்ள பல்வேறு இடங்களில் பொருத்தப்பட்ட புவியொலியங்களின் (Geophones) உதவியால் அலைத்துடிப்பு ஆங்காங்கே ஏற்கப்படுகிறது. அலைத்துடிப்பு தொடங்கிய கணத்திலிருந்து



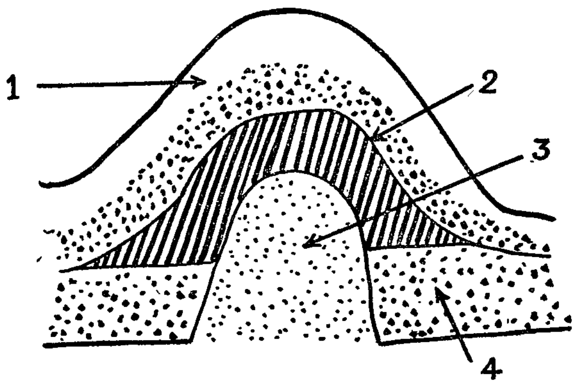
படம் 7-30

நில அதிர்வு முறை
ஒலிப்பாதை AB, ACB; C-உப்பு

ஆங்காங்கு அது ஏற்கப்படும் கணங்கள் வரையிலான கால அளவுகள் சீராக இயங்கும் காகிதநாடா ஒன்றில் பதிவிடப்படுகின்றன. பிரதிபலிக்கப்பட்ட துடிப்புக்கள் ஏதேனுமிருப்பின் அவற்றிற்குரிய கால அளவுகளும் பதிவிடப்படுகின்றன. இத்தகைய பதிவீடு

களிலிருந்து செறிவு மிக்க அல்லது செறிவு குன்றிய பாறைப் படிவங்கள் இடமறியப்படுகின்றன.

(c) காந்தவியல் முறைகள் (Magnetic methods): Fe_3O_4 போன்ற இரும்புத் தாதுக்கள் காந்தப் பொருள்களாகும். எனவே அவை புவிக்காந்தப்புலத்தைப் பாதிக்கின்றன. டயாகாந்தப் (Diamagnetic) பொருளொன்று புவிக்காந்தப் புலத்தைக் குன்றச் செய்கிறது. உப்பு ஒரு டயாகாந்தப் பொருளாகும். பெரும் உப்புக் கவிகைகள் (Salt domes) மீது எண்ணெய்ப் படிவங்கள் உள்ளன.



படம் 7-31

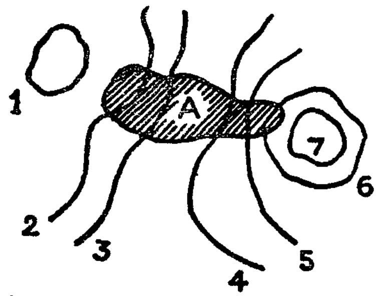
உப்புக் கவிகைமீது எண்ணெய்ப் படிவங்கள்

1. பாறை 2. எண்ணெய் 3. உப்பு 4. துளைப்பாறை

காந்த புலச் செறிவை மதிப்பிடக் காந்தமானி பயன்படுத்தப் படுகிறது. சில நேரங்களில் உப்புக் கவிகைகள் காந்தமானி ஆய்வின் மூலம் இடமறியப்படுகின்றன. உணர்வு நுட்பத்துடன் கூடிய காந்தமானியானது ஆராயப்படவேண்டிய பகுதியின் மீது விமானத்திலோ ஹெலிகாப்டரிலோ எடுத்துச் செல்லப்படுகிறது. பல்வேறு இடங்களில் காந்தப்புலச் செறிவானது சீராக இயங்கும் காகித நாடா ஒன்றில் பதிவு செய்யப்படுகிறது. இத்தகைய பதிவீடுகளிலிருந்து பெருமளவிலான டயா காந்தப் பொருள்கள் இடமறியப்படுகின்றன.

நிலத்தின் மீதான காந்தமானி ஆய்வின் முடிவுகள், படம் ஒன்றில் குறிக்கப் பெற்று சமகாந்தச் செறிவுடைய புள்ளிகளை இணைத்து வரைகோடுகள் வரையப் படுகின்றன. இத்தகைய

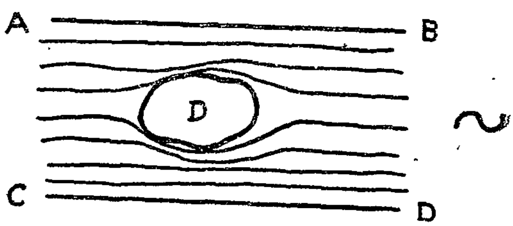
வரை கோடுகளின் ஆய்விலிருந்து காந்தப் பொருள்கள் இருந்தலை முன்னுரைக்க முடியும் (படம் 7-32).



படம் 7-32
சமகாந்தச்செறிவுப் புள்ளிகள்
1 முதல் 7 சம அழுத்தக் கோடுகள்

(d). **மின்சார முறை (Electrical method):** இங்கு பயன்படும் பண்பு மின் கடத்து திறனாகும். சில உலோகத் தாதுக்கள் மின்கடத்திகளாகச் செயற்படுகின்றன. இப்பண்பின் உதவியால், மின்கடத்தாப்பண்பு அல்லது குறைந்த கடத்துதிறன் கொண்ட சூழல்களிலிருந்து அவற்றைப் பிரித்துக் காணமுடியும்.

சுமார் 1000 மீட்டர் நீளமுள்ள செப்புக் கடத்திகள் சுமார் 300 மீட்டர் இடைவெளியில் நிலத்தினுள் புதைக்கப் படுகின்றன. அவற்றிற்கிடையே மாறுதிசை மின்னழுத்தம் (a.c) ஒன்று செயற்படுத்தப்படுகிறது. ஆங்காங்கே நிலத்தினுள்



படம் 7-33
மின்சார முறை

செருகப்பட்ட மின்வாய்களுடன் இணைக்கப் பெற்ற காதொலியங்களின் மூலம் மின்னோட்டத்தைத் கண்டு சமமின்னழுத்தக் கோடுகள் வரையப்படுகின்றன. காதொலியத்தில் ஒலி ஏது

மில்லையாயின் அது இணைக்கப் பெற்ற மின்வாய்கள் அதே மின்னழுத்தத்திலிருக்கும். இரு கடத்திகளுக்கிடையேயுள்ள நிலப்பகுதி சீராக இருக்குமாயின் சம மின்னழுத்தக் கோடுகள் இணையாக இருக்கும். மாறாக, அவற்றிற்கிடையே பெருமளவிலான கடத்து பொருள் இருக்குமாயின் அக்கோடுகள் இணையாக இரா (படம் 7-33).

7.4.2. பாறைகள் மற்றும் கனிமங்களின் மின்தடை எண்

செங்குத்துக் கடத்திகள் நீண்ட இடைவெளியில் நிலத்தினுள் ஆழப் புதைக்கப் பட்டு அவற்றிற்கிடையே மாறு மின்னழுத்தம் ஒன்று செயற்படுத்தப்படுகிறது. பல்வேறு இடங்களில் புதைக்கப்பட்ட மற்றுமிரு மின்வாய்களின் உதவியால் மின்னோட்டப் பங்கீட்டை அறியமுடியும். ஒவ்வொரு பாறைப் படலமும் கடத்திகளுக்கிடையே நிறுவப்பட்ட மின்னோட்டங்களின் பாதையைப் பாதிக்கும்.

எண்ணெய் வள ஆய்வுக்கென துரப்பணமிடப்படும் கிணறுகளில் வெவ்வேறு மட்டங்களில் பல்வேறு பாறைப் படிவங்களின் மின்தடை எண்ணும் மதிப்பிடப் படுகிறது. இக்குறிப்புகளிலிருந்து பெட்ரோலியம் கிடைப்பதற்கான சாத்தியக் கூறைப் பற்றி அறியலாம்.

புவிப்பரப்பிலமைந்த, மின்னோட்டந்தாங்கும் கம்பி வடத்தினால் விளையும் காந்தப்புலமானது காந்தவியல் மற்றும் மின் கடத்துத் தாதுக்களினால் பாதிக்கப்படும். காந்தப் புலத்தைத் துருவு சுருள் ஒன்றின் உதவியால் கண்டுணரலாம். இத்தகைய அளவீட்டிலிருந்து கிடைக்கப் பெறும் தகவலைக் கொண்டும் தாதுவை இடமறியலாம்.

மின்கடத்து தாதுப் பொருட்கள் ரேடியோ அலைகளைப் பிரதிபலிக்க வல்லன. இப்பண்பினைப் பயன்படுத்தி அத்தகைய தாதுக்களை இடமறியலாம்.

மின்கடத்து தாதுக்கள் புவிப்பரப்பிலிருந்து சுமார் 150 மீட்டர் ஆழத்திலிருந்தாலும் அவற்றில் மின்னோட்டத்தைத் தூண்டி அம்மின்னோட்டத்தைக் கண்டுணர்வதன் மூலம் அவற்றைக் கண்டறியலாம்.

கதிரியக்கம்: யுரேனியம், தோரியம் போன்ற கதிரியக்கப் பொருள்களைப் பெருமளவில் கொண்டுள்ள தாதுக்கள் கதிரி

யக்கம் பெற்று அமையும். நிலப்பகுதி ஒன்றைக் கைகர் எண்ணியைக் கொண்டு ஆராயும் பொழுது எண்ணி குறித்துக் காட்டும் கதிரியக்கத்தில் அதிகரிப்பு ஏற்படுமாயின் அருகே கதிரியக்கத் தாதுக்கள் இருப்பதை அறியலாம்.

7.4.3. கதிரியக்கக் கார்பன் வயதுக் கணிப்பு

கார்பன், அணு எடை 12-ம் அணு எண் 6-ம் கொண்டதொரு தனிமமாகும். வளிமண்டல உயரப்பகுதிகளில் நைட்ரஜன் அணுக்கள் காஸ்மிக் கதிர்களால் தாக்கப் படுவதால் அணு எடை 14 கொண்ட கதிரியக்கக் கார்பன் ஐசடோப்பு ஒன்று உருவாகிறது.

கதிரியக்கப் பொருளொன்றில் அணுக்கள் சிதைவுறுவதால் அதன் கதிரியக்கமும் குறையும். கதிரியக்கத் தனிமம் ஒன்று அதன் தொடக்க அளவில் பாதியாகச் சிதைவுறுவதற்கு ஆகும் காலம் அத்தனிமத்தின் அரை ஆயுள் (Half life period) என அழைக்கப் பெறுகிறது. ''கார்பன் 14'' -ன் அரை ஆயுள் 5600 ஆண்டுகளாகும். உலகின் ''கார்பன் 14'' -ன் அளவானது தொடர்ந்து குறைந்தாலும் வளிமண்டலத்தின் உயர் பகுதிகளில் மென்மேலும் உருவாக்கப்படுகிறது.

ஒரு பொருளானது n ''கார்பன் 14'' அணுக்களைக் கொண்டிருக்குமாயின் 5600 ஆண்டுகளுக்குப் பின்னர் அது n/2 ''கார்பன் 14'' அணுக்களையே கொண்டிருக்கும். 11200 ஆண்டுகட்குப் பின்னரோ n/4 'கார்பன் 14'' அணுக்களே எஞ்சி நிற்கும். அப்பொருளின் கதிரியக்கமும் குறைந்து கொண்டே செல்லும். தொடக்கத்தில், ''கார்பன் 14''-ல் (ஒரு கிராமுக்கு) ஒரு நிமிடத்திற்கு 15·3 சிதைவுகள் நிகழுமாயின் 5600 ஆண்டுகட்குப் பின்னர் அது 7·65 ஆகக் குறையும்; 11200 ஆண்டுகள் கழித்து, அது நிமிடத்திற்கு 3·83 ஆகக் குறையும். ஒரு பொருளில் ஒரு நிமிடத்திற்கு நிகழும் ''கார்பன் 14''-ன் சிதைவுகளின் எண்ணிக்கையை மதிப்பிடமுடியும். அது அப்பொருளின் வயதைப் பற்றி அறிவுறுத்தும். ஒரு பொருளில் உள்ள 'கார்பன் 14''-ன் அளவை மதிப்பிடுவதன் மூலம் அப்பொருளின் வயதைக் கணக்கிட முடியும். ''கார்பன் 14''-ன் கதிரியக்கப் பண்பைக் கொண்டும் அதன் அரை ஆயுளைப் பற்றிய அறிவிலிருந்தும் அதன் அளவை மதிப்பிட முடியும்.

உயிர்வாழ் பொருள்கள் யாவற்றிலும் ஏதேனுமொரு கார்பன் சேர்மம் அமைந்துள்ளது. இந்த கார்பனானது உயிர்வாழ்

பொருள்கள் இறந்த நீண்ட காலத்திற்குப் பின்னரும் அப்பொருள் களில் அமைகிறது. அத்தகைய கார்பனில் ஒரு மிகச்சிறு விழுக் காடு ''கார்பன் 14'' ஆக உள்ளது. பல்லாயிரம் ஆண்டுகள் கடந்த பின்னரும் உயிரற்ற பொருளில் ''கார்பன் 14''-ன் கதிரியக்கம் தொடர்ந்து நிகழ்கிறது. அப்பொருளின் மாதிரிக் கூறு ஒன்றின் கதிரியக்கத்தை அளவிடுவதன் மூலம் அதன் வயதை மதிப்பிட முடியும். இதுவே **கதிரியக்கக் கார்பன் வயதுக் கணிப்பு** எனப்பெறுகிறது. இயற்கை மற்றும் செயற்கைச் சூழல் களால் பாதுகாக்கப்பட்டு வரும் கடந்த காலச் சரித்திரச் சான்றுகளின் வயதை இம்முறையினால் மதிப்பிடலாம்.

ஆர்க்டிக் பகுதிகளில், உறைந்த பனிக்கட்டியில் மறைந் தொழிந்த விலங்கினங்களின் உடல்கள் பாதுகாக்கப்பட்டு வந் துள்ளன. எகிப்து நாட்டின் இறந்த மன்னர்களின் உடல்கள் அவர்கள் பயன்படுத்திய பொருள்களோடு உணக்கல் உடல் களாகப் (Mummies) பாதுகாக்கப்பட்டு வந்துள்ளன. அவை ''கார்பன் 14''-ஐக் கொண்டுள்ளன.

இத்தகைய சரித்திரச் சான்றுகளின் வயதை அவற்றினின் றும் எடுக்கப்பட்ட மாதிரிக் கூறுகளின் கதிரியக்க அளவீட்டி லிருந்து மதிப்பிடலாம். கதிரியக்கத்தை அளவிட அச்சான்று களின் ஒரு சிறு பகுதியையோ, அதில் அமையும் கார்பனிலிருந்து (சிறு மாதிரிக் கூறு ஒன்றைத் தூய ஆக்ஸிஜன் அடங்கிய, மூடப் பெற்ற அறையினுள் எரிப்பதன் மூலம்) பெறப்படும் கார்பன் - டை-ஆக்சைடையோ பயன் படுத்தலாம். தனிவகைக் கைகர் எண்ணி (குறை மட்ட விகித எண்ணி—low level proportional counter) ஒன்றின் மூலம் கதிரியக்கம் மதிப்பிடப் படுகிறது. இத்தனி வகைக் கைகர் எண்ணியானது அதைச் சுற்றியமைக்கப் பட்ட சாதாரண கைகர் எண்ணிகளால் சூழப் பட்டுள்ளது. இத்தகைய அமைப்பின் பயனாய் அந்த எண் ணியினுள் வைக்கப்பட்ட ஆய்வுக்குரிய கதிரியக்கப் பொருள் தோற்றுவிக்கும் விளைவுடன் ஊடுருவுதிறன் மிக்க காஸ்மிக் கதிர் களின் விளைவும் இணைவதைத் தவிர்க்க முடியும். காஸ்மிக் கதிர் ஒன்று சாதாரண கைகர் எண்ணி ஒன்றின் வழியே செல்லு மாயின் தனிவகைக் கைகர் எண்ணிக்கு அளிக்கப்பட்டுள்ள உயர் மின்னழுத்தம் தானாகவே நீக்கப்படும். கதிரியக்கம் பற்றிய அளவீடுகள் 24 மணி நேரத்தில் தொடர்ந்து மேற்கொள்ளப் படுகின்றன.

சில எடுத்துக்காட்டுகள்

1. எகிப்து நாட்டின் மன்னர் செசாட்ரீஸ் (Sesotries) என்பவரின் கல்லறையில் வைக்கப்பட்டுள்ள படகிலிருந்து எடுக்கப்பட்ட ஒரு மரத்துண்டு கதிரியக்கத்திற்கென ஆரா்யப் பட்டதில் அது குறைந்தது 3750 ஆண்டுகட்கு முற்பட்டதாக இருக்கும் என அறியப்பட்டது.

2. ஓரிகான் (Oregon) [லாஸ் வெகாஸ்-நெவேடா, அமெரிக்கா- Las Vegas- Nevada, USA] மலைக்குகை ஒன்றிலுள்ள 300 சோடிக் கயிற்று மிதியடிகளிலிருந்து எடுக்கப் பட்ட துண்டுகள் ஆராயப்பட்ட போது அவை 6543 ± 250 ஆண்டுகட்கு முற்பட்டவை என அறியப்பட்டது.

7.5. குற்றஞ்சார்ந்த அறிவியல் (Forensic Science)

குற்றஞ் சார்ந்த அறிவியல் ஆய்வகங்களில் குற்றம் நடந்த இடத்திலிருந்து சேகரிக்கப்பட்ட தடயப் பொருள்கள் ஆராயப் படுகின்றன. இயற்பியல், வேதியியல் மற்றும் உயிரியல் போன்ற அடிப்படை அறிவியல்களின் கருத்துகளும் தத்துவங் களும் குற்றம் பற்றிய சில முடிவுகளைப் பெறப் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. அத்தகைய முடிவுகள் குற்றவாளிகளை இனமறியக் காவல் துறையினருக்கு உதவுகின்றன.

தமிழ் நாடு மாநிலக் குற்றஞ் சார்ந்த அறிவியல் ஆய்வகமானது சென்னைக் காமராசர் சாலையில் காவல் துறைப் பொது மேலர் அலுவலகத்திற்கு அருகாமையில் உள்ளது. மதுரை போன்ற சில நகரங்களிலும் அதனையொத்த, சிறிய ஆய் வகங்கள் உள்ளன.

7.5.1. எக்ஸ் கதிர்களின் பயன்கள்

எக்ஸ் கதிர்கள் பற்றியும் அவற்றை உருவாக்கும் முறைகள், அவற்றின் பண்புகள் மற்றும் பயன்கள் பற்றியும் நீங்கள் முன் னரே அறிந்திருக்கிறீர்கள். எக்ஸ் கதிர்கள் குற்றக் கண்டு பிடிப்புத் துறையிலும் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. பின்வரும் நிகழ்ச்சிகளில் எக்ஸ் கதிர்த் திரையிடல் (X-ray Screening)

அல்லது எக்ஸ் கதிர்படமெடுத்தல் (Radiograph) ஆகியவை பயன் படக்கூடும்:

(a) சண்டையிட்டதன் காரணமாக ஒருவருக்கு ஏற்பட்ட எலும்பு முறிவுகள் மற்றும் உட்காயங்களின் இடம், எண்ணிக்கை, தன்மை மற்றும் அளவு ஆகியவை பற்றியும் உட்காயங்கள் அண்மையில் ஏற்பட்டனவா என்பது பற்றியும் அறிய முடியும்.

(b) கருகிய அல்லது மிகவும் சிதைந்த நிலையிலுள்ள உடலுக்குரியவர் ஆணா அல்லது பெண்ணா என்பதையும் தோராயமான வயது ஆகியவற்றையும் அறிய முடியும்.

(c) இறப்புக்கான காரணங்கள் மற்றும் தாக்குதலின் அளவு ஆகியவற்றைப் பற்றி அறியலாம்.

(d) சுடப்பட்ட ஒருவரின் உடலில் துப்பாக்கி ரவைகள் பொதிந்துள்ளனவா என்பதை அறிய எக்ஸ் கதிர்களைப் பயன் படுத்தலாம். ஒளிப்படம் 7-34 வேட்டைத் துப்பாக்கியால் சுடப்பட்ட ஒருவரது கணுக்காலுக்கருகில் துப்பாக்கி ரவைகள் பொதிந்துள்ளதைக் காட்டுகிறது. ரவைகள் எக்ஸ்கதிர்ப் படத்தில் (நேர்ப்படிவம்) கரிய வட்டப் பகுதிகளாகக் காட்சி யளிக்கின்றன.

(e) மோதிரம் போன்ற விலைமிக்க அணிகளை விழுங்கி விட்டதாகக் கருதப்படும் ஒருவரது எக்ஸ்கதிர்ப் படம் அதனை உணர்த்தும்.

(f) விமான நிலையத்திலும், சுங்க சோதனையகங்களி லும் பயணிகளை, மறைத்து வைக்கப்பட்ட எக்ஸ் கதிர்க்குழாய் மற்றும் ஒளிர்திரை ஆகியவற்றிற்கிடையே செல்லுமாறு செய் வதன் மூலம் அவர்கள் மறைத்து வைத்திருக்கக் கூடிய ஆயுதங் களை எளிதில் காணலாம்.

(g) தங்கம் அல்லது விலைமிக்க பொருள்களைக் கடத்து வதாகக் கருதப்படும் ஒருவரது பயணச் சாமான்களை எக்ஸ் கதிர்கள் மூலம் ஆராய்வதால் அவற்றினுள்ளடக்கங்களை அறிய முடியும்.

(h) காகிதத்தின் அமைப்பு, கள்ள நோட்டுகளின் நீர்க் குறியீடு பத்திரங்களின் உட்பொருளை மாற்றுவதற்கென் செய்யப்பட்ட அழிப்புகள் (கருவியியல் அல்லது வேதியியல்

Mechanical or Chemical) ஆகியவற்றைக் கண்டறிய கிரென்ஸ் (Grenz) கதிர்கள் எனப்படும். 0·07 *nm* முதல்

படம் 7-34
X-கதிர்ப்படம் கணுக்காலில் துப்பாக்கி ரவைகள்

0·4 nm வரை அலை நீளங்கொண்ட மீமென் எக்ஸ்கதிர்கள் பயன் படுத்தப்படுகின்றன.

மனித உடல்கள், பழங்கள் போன்றவற்றின் மீதுள்ள கைரேகைகளை, அவற்றின் மீது காரீயத்தூளைத் தூவியபின் மீமென் எக்ஸ் கதிர்களைப் பயன்படுத்திப் படமெடுக்கலாம்.

7.5.2. புற ஊதாக்கதிர்கள்

புற ஊதாக்கதிர்களைப் பற்றி நீங்கள் அறிந்திருக்கிறீர்கள். அவை, கண்ணுறு ஒளியை விடக் குறைந்த அலைநீளங் கொண்ட (400 nm முதல் 136 nm வரை) மின்காந்த அலைகளாகும். சின்க் சல்ஃபைடு, காட்மியம் சல்ஃபைடு போன்ற சில பொருள்கள் புற ஊதாக் கதிர்களால் ஒளியூட்டப் பெறும் போது கண்ணுறு பகுதியில் சிறப்பு வண்ண ஒளியை வெளிவிட்டு ஒளிர்கின்றன. புற ஊதாக்கதிர்கள் நீக்கப்பட்ட பின்னரும் சிறிது காலத்திற்கு ஒளிர்தல் நீடித்திருக்கிறது. இந்நிகழ்ச்சி நின்றொளிர்தல் (Phosphorescence) என அழைக்கப் பெறுகிறது. சில பொருள்களின் மீது படும் ஒளியானது உட்கவரப்பட்டு நீண்ட அலைநீளப் பகுதியில் அது மீண்டும் வெளிவிடப்படும் நிகழ்ச்சி ஒளிர்தல் (Flourescence) என அழைக்கப் பெறுகிறது. கண்ணுறு ஒளியைத் தடுத்து நிறுத்த வல்ல வடிப்பான் வழியே செலுத்தப்பட்ட புற ஊதாக் கதிர்களால் ஒளியூட்டப் பெற்ற ஓர் ஒளிர் பொருள் அதன் சிறப்பு வண்ண ஒளியுடன் ஒளிரும். புற ஊதாக் கதிர்களைக் கண்ணாடி தடுத்து நிறுத்தும். கண்ணுறு ஒளி (நீண்ட அலை நீளங்கொண்ட ஒளி)யைத் தடுத்து நிறுத்தவல்ல வடிப்பான்களுடன் கூடிய, குவார்ட்ஸால் செய்யப்பெற்ற பாதரச ஆவி விளக்குகள் குற்றஞ்சார்ந்த அறிவியல் ஆய்வகங்களில் புற ஊதா ஒளி மூலங்களாகச் செயற்படுகின்றன.

(a) பொலிவுமிக்க அல்லது பல்வண்ணப் பரப்பு ஒன்றின் மீது மறைந்தமையும் கைரேகைகளைக் காணப் புற ஊதாக் கதிர்களைப் பயன்படுத்தலாம். கைரேகைகள் தனியொருவரின் சிறப்பியல்புகளாதலால் மனிதர்களை இனமறிய அவற்றைப் பயன்படுத்தலாம். இருவரின் கைரேகைகள் ஒரு போதும் ஒரே மாதிரியாய் அமையா.

கைரேகைகள், கைவிரல்களிலமைந்த மெல்லிய மேடுபள்ளக் கோடுகள் ஒரு பரப்பின் மீது அழுந்துவதால் ஏற்படும் படிமங்களாகும். அவை உப்பு, யூரியா, ஃபார்மிக் அமிலம் ஆகியவற்றைச் சிறு விழுக்காட்டில் கொண்ட வியர்வையினால் உருவாக்கப் படுகின்றன. குற்றச் செயலில் ஈடுபடும் ஒருவர் அமைதி

யிழந்த நிலையில் அதிக வியர்வை சிந்துவாராகையால் அவரது கைரேகைகள் அழுத்தமாகப் படியும். பெரும்பாலான நிகழ்ச்சிகளில் அவை மறைந்தமையுமாதலால் அவற்றை உருத்துலக்க வேண்டியிருக்கும்.

(b) மறைந்தமையும் கைரேகைகளை, பரப்பின் மீது, அப்பரப்பினின்றும் மாறுபட்ட வண்ணப் பொடியைத் தூவி இலேசாக ஊதுவதன் மூலம் உருத்துலக்கலாம். வண்ணப்பொடியானது ஒட்டும் தன்மையுடைய வியர்வைப் படிமத்தில் ஒட்டிக் கொள்ளுமாதலால் கைரேகையானது தெளிவாகத் தெரியும்.

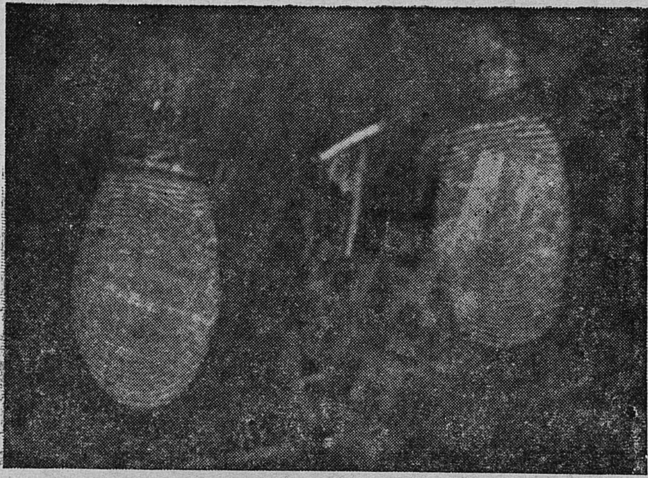
கைரேகைகளைக் காட்சிப்படுத்த புற ஊதா ஒளியைப் பயன்படுத்தும் பொழுது ஆந்தரசீன், யுரேனில் பாஸ்ஃபேட் அல்லது க்யுனோன் சல்ஃபேட் போன்ற ஒளிர் பொடிகள் பயன் படுத்தப்படுகின்றன. அப்பொடி தூவப்பட்ட பரப்பானது புற ஊதா ஒளியால் ஒளியூட்டப் பெற்றுப் படமெடுக்கப் படுகிறது.

படம் 7-35

கைரேகை உள்ளதாகக் கருதப்படும் பரப்பு

(c) படம் 7-35, கைரேகையைக் கொண்டிருக்கக் கூடும் எனக் கருதப்படும் பரப்பின் கண்ணுறு ஒளிகொண்டு எடுக்கப்

பெற்ற ஒளிப்படமாகும். புற ஊதா ஒளி மிகுந்த ஒளிக்கொண்டு பெறப்பட்ட அப்பரப்பின் ஒளிப்படம் (படம் 7-36) கைரேகை களைத் தெளிவாகக் காட்டுவதைக் காணலாம்.

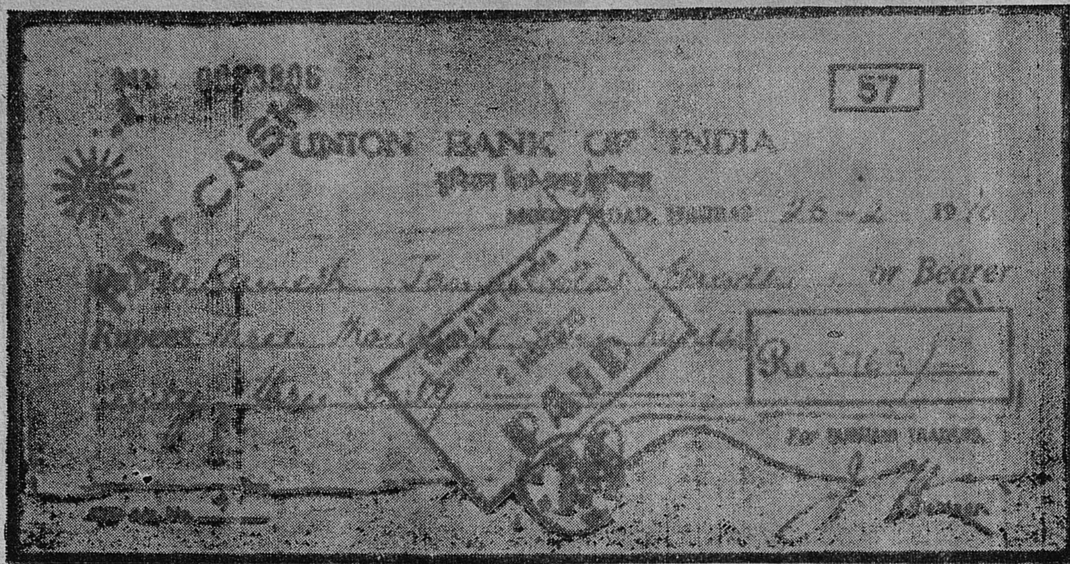


படம் 7-36

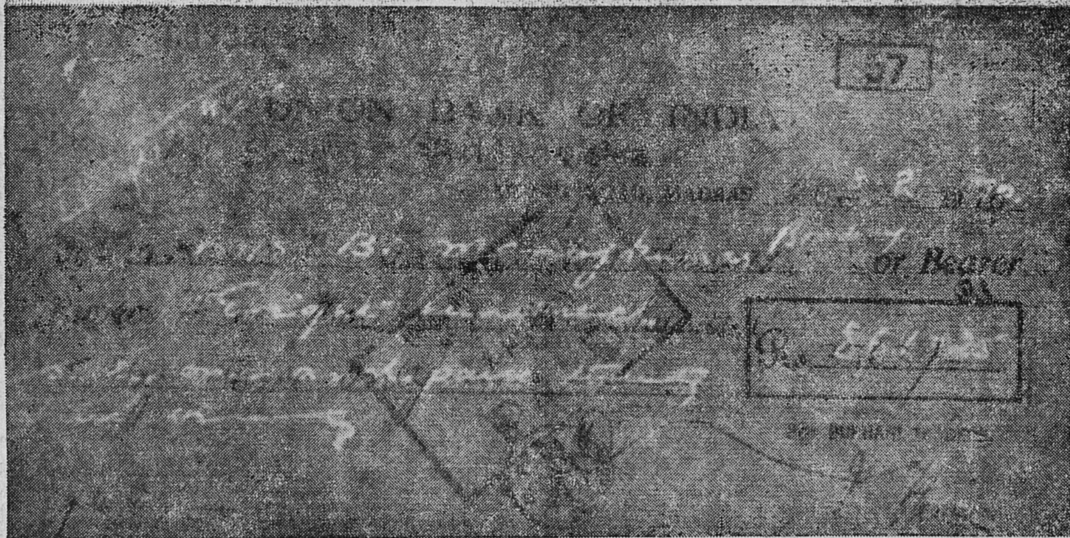
கைரேகையின் புற ஊதா ஒளிப்படம்

(d) உட்பொருள்கள் அழித்துத் திருத்தப் பெற்ற காசோலைகளும் பத்திரங்களும் புற ஊதா ஒளியூட்டப் பெறுமாயின் அழிக்கப்பட்ட பகுதிகள் மாறுபட்டு ஒளிர்ந்து திருத்தத்தை எடுத்துக் காட்டும். படம் 7-37, காசோலை ஒன்றின் கண்ணுறு ஒளி கொண்டு எடுக்கப்பட்ட ஒளிப்படமாகும். புற ஊதா மிகுந்த ஒளிகொண்டு பெறப்பட்ட காசோலையின் ஒளிப் படம் (படம் 7-38) அதில் முதலில் எழுதப்பட்ட எழுத்துகள் மாற்றப்பட்டிருப்பதைக் காட்டுகிறது.

(e) வெவ்வேறு வகையான சீல் அரக்குகள் புற ஊதா ஒளியூட்டப் பெறும்போது வெவ்வேறு வண்ணத்துடனும் செறிவுடனும் ஒளிர்கின்றன. சீலிடப்பெற்ற கடிதம் ஒன்றின் சீல்கள் மாற்றப் பட்டிருப்பின் உறையினைப் புற ஊதா ஒளியூட்டுவதன் மூலம் காணலாம். கடிதத்தை ஒட்டுவதற்குப் பயன்படும் பசையும் ஒளிரும்.



படம் 7-37
காசோலையின் கண்ணுறு ஒளிப்படம்



படம் 7-38
அதே காசோலையின் புற ஊதா ஒளிப்படம்

(f) பழைய வார்னீஷ் புற ஊதாஒளியில் ஒளிருமாதலால் ஓவியங்களில் செய்யப்படும் மாற்றங்களையும், புற ஊதா ஒளி கொண்டு கண்டுணரலாம்.

இப்பகுதியில் சேர்க்கப்பட்டுள்ள ஒளிப்படங்கள் யாவும் சென்னை, தமிழ்நாடு குற்றஞ்சார்ந்த அறிவியல் ஆய்வகத்தினரால் அன்புடன் அளிக்கப்பட்டவையாகும்.

வினாக்கள்

1. ஒரு பொருளை மீட்சித் தன்மையுடையது என எப் போது கூறுகிறோம்?
2. தகைவின் வகைகள் யாவை?
3. ஒரு பொருளின் மீது இழுவிசை தோற்றுவிக்கும் விளைவு என்ன?
4. ஒரு பொருள் எப்போது இறுக்கு விசைக்கு உட்படு வதாகக் கூறப்படுகிறது?
5. திரிபு என்பது என்ன?
6. மீட்சி எல்லை என்பது என்ன?
7. யங் குணகத்தின் அலகு என்ன?
8. பருமக் குணகம் என்பது என்ன?
9. ஒரு பாரவண்டி அல்லது பேருந்தில் தடையமைப்புச் சற்றுச் சிக்கலானதாக இருக்கக் காரணம் என்ன?
10. தானியங்கிகளில் பயன்படுத்தப்படும் தடைகளின் வகைகள் யாவை?
11. ஒரு திரவவியல் தடை செயல்படும் முறையைத் தெளிவான படத்துடன் விளக்குக.
12. காற்றுத்தடை செயல்படும் முறையைப் படத்துடன் விளக்குக.
13. வார்ப்புருக்கள் எவ்வாறு செய்யப்படுகின்றன?
14. வார்புருக்களில் உள்ள குறைகளைக் கண்டுபிடிக்க இரு சிதைவூட்டா ஆய்வு முறைகளைக் கூறு.

15. கெய்கர் எண்ணியின் படம் வரைந்து அது செயல் படும் முறையை விளக்குக.

16. ரேடியோ ஐசடோப்புகளின் பயன்கள் யாவை?

17. மனித இயங்கியலில் பரப்பு இழுவிசையின் பங்கு என்ன?

18. மனித இதயத்தின் செயல்பாட்டை அறிய ECG எவ்வாறு பயன்படுகிறது என்பதை விவரிக்க.

19. ஒரு தெளிவான படம் வரைந்து மீநுண்ணோக்கியின் தத்துவத்தையும் செயல்படும் முறையையும் விளக்குக.

20. ஓர் எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி செயல்படும் முறை யைத் தெளிவான படத்துடன் விளக்குக.

21. எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் செயல் வரம்புகள் யாவை?

22. பிளாஸ்மாலிசிஸ் என்பது என்ன?

23. ஈர்ப்பியல் முறையில் கனிவள ஆய்வு எவ்வாறு மேற் கொள்ளப்படுகிறது?

24. நில அதிர்வுமுறை, காந்தவியல் முறை, மின்சார முறை ஆகியவற்றில் கனிவள ஆய்வு மேற்கொள்ளு வது எவ்வாறு?

25. கதிரியக்கக் கார்பன் வயதுக் கணிப்பு என்பதன் தத்துவம் என்ன?

26. கார்பன்— 14 தனிமத்தைக் கொண்டு சரித்திரச் சான்றுகளின் வயதை எவ்வாறு நிர்ணயிக்க இயலும்?

27. குற்றவியல் கண்டுபிடிப்புகளுக்கு X-கதிர்கள் எவ்வாறு பயன்படுகின்றன என்பதை விளக்குக.

28. குற்றஞ்சார்ந்த அறிவியலில் புறஊதாக் கதிர்கள் எவ்வாறு பயன்படுகின்றன என்பதை விவரிக்க.

8. புதிய இயற்பியல்

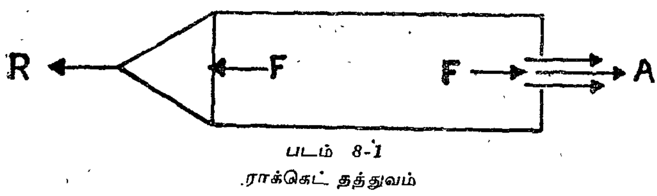
8.1. ராக்கெட்டுகள்

8.1.1. தத்துவங்கள்

ராக்கெட் என்பது தன் நிறையில் ஒரு பகுதியை வெளியேற்றித் தன்னைத்தானே இயக்கிக்கொள்ளும் ஓர் ஊர்தி என வரையறுக்கலாம்.

வாண வேடிக்கைகளின் போது பயன்படுத்தப்படும் ராக்கெட்டுகளைப் பற்றி நாம் யாவரும் அறிந்ததே. இந்த ராக்கெட்டுகளாயினும் அப்போலோ விண்கலங்களை ஏவுவதற்குப் பயன்படும் இராக்கத ராக்கெட்டுகளாயினும் ஒரே தத்துவத்தையே அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ளன. இயக்கம் பற்றிய நியூட்டனின் மூன்றாவது விதியே அத்தத்துவமாகும். இவ்விதியின்படி ஒவ்வொருவினை (விசை)க்கும் சமமான எதிர்வினை (எதிர்விசை) ஒன்று உண்டு. துப்பாக்கி ஒன்று சுடப்படும்போது நிகழும் அதன் பின்னசைவைபற்றிக் கீழ் வகுப்புக்களில் நீங்கள் கற்றிருகக்கூடும். ராக்கெட்டின் இயக்கம் துப்பாக்கியின் இயக்கத்தை ஒத்ததாகும். ராக்கெட்டின் இயக்கத்தைப் பின்வருமாறு விளக்கலாம்:

எரிபொருள் கலவை ஒன்றை உள்ளடக்கிய, ஒருமுனை மூடப் பெற்றும் மறுமுனையில் சிறு துளை ஒன்றுடன் கூடியதுமான உருளை வடிவக் கலம் ஒன்றைக் கருதுவோம். எரி



படம் 8-1
ராக்கெட் தத்துவம்

பொருள் கலவை எரியூட்டப்பெறுமாயின் அது மிகுந்த அழுத்தத்தில் அமைந்த வாயுவாக மாறும். இம் மிகுந்த அழுத்த

மானது, துப்பாக்கி ஒன்றிலிருந்து துப்பாக்கிக்குண்டு வெளியேற்றப்படுவது போன்று, வாயு மூலக்கூறுகளைக் கலத்தின் ஒரு முனையிலமைந்த துளையின் வழியே மிகுந்த விசையுடன் வெளியேற்றுகிறது. இவ்விசையானது நியூட்டனின் மூன்றாவது விதியில் கூறப்படும் வினை (A) யைக் குறிக்கிறது. எனவே, எதிர்விசை (R) ஒன்று கலத்தின் மறுமுனை மீது செயற்பட்டு அதனை முன்னோக்கிச் செலுத்தும்.

வெளியேறும் வாயுக்கள்மீது, எனவே ராக்கெட்மீது, செயற்படும் விசை (F_m) யானது ஓரலகு நேரத்தில் வெளியேற்றப்படும் வாயுக்களின் நிறை $\left(\frac{dm}{dt}\right)$, மற்றும் அவை வெளியேற்றப்படும் திசை வேகம் (வெளியேறு திசை வேகம் - V_e) ஆகியவற்றின் பெருக்கற் பலனுக்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது. அதாவது,

$$F_m \propto \frac{dm}{dt} V_e.$$

$$\text{அல்லது} \quad F_m = K \frac{dm}{dt} . V_e \qquad (1)$$

இவ்விசை உந்த அமுக்கம் (Momentum thrust) என அழைக்கப்பெறுகிறது. மேலும், வெளியேறும் வாயுக்களின் அழுத்தமானது (P_e) அவை வெளியேறும் வெளியிடத்தின் அழுத்தத்தினின்றும் (P_o) மாறுபாடுமாயின் திசைவேக அமுக்கம் (Velocity thrust-F_v) என்ற மற்றுமோர் அமுக்கம் செயற்படுகிறது. வாயுக்கள் வெளியேறும் தூம்புவாயின் (Nozzle) பரப்பளவு A எனில்,

$$\text{திசைவேக அமுக்கம்} \quad F_v = A\,(P_e - P_o) \qquad (2)$$

ஆகும். எனவே, ராக்கெட் மீதான

$$\text{மொத்த அமுக்கம்} \quad F = F_m + F_v \qquad (3)$$

ராக்கெட் அறிவியலில் பயன்படும் முக்கியமானதொரு பண்பளவு (Parameter) தன்தாக்கு (Specific impulse) என்பதாகும். அது ராக்கெட்டின் செயல்திறத்தை வரையறுக்கிறது; அதாவது, ராக்கெட்டானது ஒரு குறிப்பிட்ட பயன்சுமை (Payload)யை எடுத்துச் செல்லக்கூடிய உயரத்தையோ அல்லது ஒரு குறிப்பிட்ட உயரத்திற்கு எடுத்துச் செல்லக்கூடிய பயன் சுமையின் அளவையோ வரையறுக்கிறது. தன்தாக்கு என்பது ராக்கெட்

மீது செயற்படும் மொத்த அமுக்கத்திற்கும், ஓரலகுக் காலத்தில் வெளியேற்றப்படும் வாயுக்களின் நிறைக்கும் உள்ள விகிதமென வரையறுக்கப்படுகிறது. அதாவது,

$$\text{தன்தாக்கு } I_{sp} = \frac{F}{dm/dt} \qquad (4)$$

மற்றுமொரு முக்கியப் பண்பளவு ராக்கெட் ஒன்று பெறக் கூடிய பெருமத்திசைவேகமாகும். இத்திசைவேகமானது ராக்கெட்டின் எரிபொருள் முழுதும் எரிந்துவிட்ட கணத்தில் அதன் திசைவேகமாகும். M என்பது ராக்கெட்டின் மொத்தநிறை, M_{ob} என்பது வெளியேற்றப்பட்ட எரிபொருளின் நிறை, ln என்பது இயல் லாகரிதம் எனில், ராக்கெட்டின்.

$$\text{பெருமத்திசைவேகம் } V_{ob} = V_e \ ln \frac{M}{M_{ob}} \qquad (5)$$

ஆகும்.

எனவே ஓ்ரலகுக் காலத்தில் வெளியேறும் வாயுக்களின் நிறையை அதிகப்படுத்துவதாலோ அல்லது அவற்றின் வெளியேறு திசைவேகத்தை அதிகரிப்பதாலோ மொத்த அமுக்கத்தையும் தன் தாக்கையும் அதிகரிக்கலாம். வெளியேறும் வாயுக்களின் நிறையை மிகுதியாகப் பெறவேண்டுமாயின் பெருமளவிலான எரி பொருள்கள் தேவைப்படும். எனவே, ராக்கெட்டின் அளவும் பெரியதாக அமையும். விண்வெளிப் பயணங்களில் பயன்படும் ராக்கெட்டுகள் அவற்றிற்குத் தேவையான எரிபொருள்களை யன்றி பெருமளவுப் பயன் சுமை (Payload)யையும் (பல்வேறு சோதனைக்குத் தேவைப்படும் கருவிகளடங்கிய துணைக்கோள்) நீண்ட தொலைவுகளுக்குப் பெரும்வேகத்துடன் தாங்கிச் செல் கின்றன. எனவே, அத்தகைய ராக்கெட்டுகள் மிகவும் பெரிய வையாக அமைய வேண்டுவது இயற்கையே. மிகுந்த அளவி லான வெளியேறு திசை வேகத்தைப் பெறமுடியுமாயின் ராக் கெட்டின் அளவைக் குறைக்க முடியும். வாயுக்கள் வெளியேறு வதற்கெனத் தனிவகைத் தூம்புவாய் ஒன்றைப் பயன்படுத்து வதன் மூலம் மிகுந்த வெளியேறு திசை வேகத்தை ஓரளவுக்குப் பெறமுடியும். அத்தகைய தூம்புவாய் டிலாவல் தூம்புவாய் *(de Lavel Nozzle)* என அழைக்கப் பெறுகிறது.

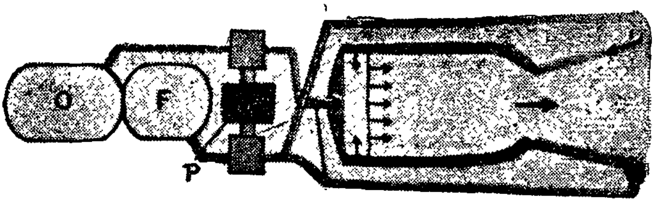
இயக்கு பொருள்கள் (Propellants) எனப்பெறும் பொருள்களின் கலவை ஒன்றை எரியூட்டுவதின் மூலம் வெளி

யேறும் வெப்ப வாயுக்கள் விளைவிக்கப்படுகின்றன. அத்தகைய் கலவையானது எரிவதற்குத் தேவையான எரிபொருளையும் எரி பொருள் எரிவதற்குத் தேவையான ஆக்ஸிஜனை அளிக்கும் ஓர் ஆக்ஸிகரணியையும் கொண்டுள்ளது.

8.1.2 எரிபொருள் வகைகள்

இயக்கு பொருள்கள் திண்பொருள்களாகவோ திரவங் களாகவோ அமையலாம்.

ராக்கெட் ஒன்றின் திரவ இயக்குபொருள் அமைப்பைப் படம் 8-2-ல் காணலாம். இத்தகைய அமைப்பில் திரவ வடிவி லமைந்த எரிபொருளும் ஆக்ஸிகரணியும் தனித்தனி சேமத் தொட்டிகளில் வைக்கப்பட்டுள்ளன. அவை, தக்க பம்புகளின் மூலம் எரியறையினுள் செலுத்தப்படுகின்றன. அங்கு அவை திறம்பட எரிவதற்குரிய தக்கதொரு கலவையை உருவாக்கும்



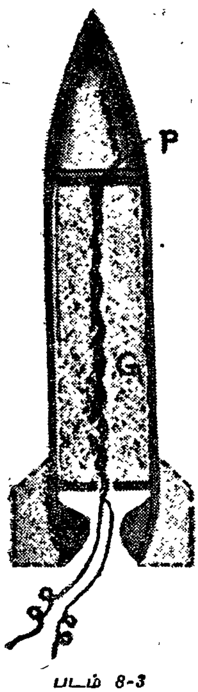
படம் 8-2

திரவ இயக்குபொருள் அமைப்பு

வகையில், தக்க உட்செலுத்திகளின் உதவியால் தெளிக்கப்படு கின்றன. மின்பொறி முனை (Spark plug) ஒன்று எரி யூட்டலைத் தொடக்கிவைக்கிறது. அவ்வாறு எரியூட்டல் தொடங்கிய பின்னர் எரிதலினால் உருவாகும் வெப்பமே இயக்கு பொருள் கலவை தொடர்ந்து எரிவதற்கான வெப்பத்தை அளிக் கிறது. இவ்வாறு இயக்கு பொருள்கள் எரிவதால் மிக அதிக மான வெப்பநிலையிலும் தக்க அழுத்தத்திலும் அமைந்த வாயு ஒன்று விளைவிக்கப்படுகிறது. வெப்ப நிலையானது 2500 *K* முதல் 4700 *K* வரையிலான அளவிலும், அழுத்தமானது 60 *kPa* முதல் 200 *kPa* (கிலோ பாஸ்கல்; பாஸ்கல் = நியூட்டன்/மீட்டர்^{2}) வரையிலான அளவிலும் உள்ளன. அத்தகைய உயர் அழுத்தத்தில் அமைந்த வாயுவானது படத்தில் காட்டியவாறு சிறந்தமுறையில் வடிவமைக்கப்பெற்ற தூம்புவாய்

ஒன்றின் வழியே முடுக்குவிக்கப்படுகிறது. முடுக்கமானது இரு கட்டங்களில் நிகழ்கிறது: அதாவது (i) வாயுக்கலவை தூம்பு வாயின் தொண்டைப்பகுதி (குறுகிய குறுக்குப் பரப்புள்ள பகுதி)யை நோக்கிச் செல்லுபோது ஒலியின் திசைவேகத்தைப் பெறுமாறு முடுக்குவிக்கப்படுகிறது; அடுத்து, (ii) தூம்புவாயைவிட்டு குறைந்த அழுத்தத்திலமைந்த வெளியிடத்தை நோக்கி வெளியேறும்போது மீயொலிவேகத்தை (Supersonic velocity)ப் பெறும் வகையில் மீண்டும் முடுக்குவிக்கப்படுகிறது.

ஹைடிரஜன், ஹைடிரசீன் மற்றும் மண்ணெண்ணெய் போன்றவை சில திரவ எரிபொருள்களாகும்; ஆக்ஸிஜன், ஓஸோன் ஃப்ளோரின் மற்றும் புகையும் நைட்ரிக் அமிலம் போன்றவை சில ஆக்ஸிகரணிகளாகும். மிகுந்த தன்தாக்கைப்பெறும் வகையில் தக்க எரிபொருள் - ஆக்ஸிகரணிக் கலவை தெரிந்தெடுக்கப்படுகிறது. ஒரு குறிப்பிட்ட எரிபொருளுக்கான தன்தாக்கு அதனுடன் பயன்படுத்தப்படும் ஆக்ஸிகரணியைப் பொறுத்துள்ளது.



படம் 8-3
திண்ணியல் இயக்குபொருள் ராக்கெட் அமைப்பு

ராக்கெட்டின் மற்றோர் அமைப்பான திண்ணியல் இயக்கு (Solid Propellant) அமைப்பானது திரவ இயக்கு பொருள் அமைப்பை விட எளிதாக உள்ளது. திண்ணியல் இயக்கு பொருள் ராக்கெட் எஞ்சின் ஒன்றில் முக்கிய உறுப்புக்களைப் படம் 8-3ல் காணலாம். இவ்வமைப்பில் இயக்குபொருள்களுக்கும், எரிதலுக்குமெனத் தனித்தனி அறைகள் இல்லாதிருப்பதைப் படத்திலிருந்து காணலாம். எரிபொருளும் ஆக்ஸிகரணியும் ஓர் ஒற்றை இயக்கு பொருளாகச் சிறந்த முறையில் கலக்கப்பட்டு உள்ளன. இத்தகைய இயக்கு பொருள் கலவையானது ஓர் உருளைவடிவ அறையினுள் கெட்டியாகத் திணிக்கப்பட்டு, அதன் அச்சின் வழியே வாயுக்கள் வெளியேறுவதற்கென ஒரு துளையும் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இவ்வாறு அமைக்கப்பட்ட இயக்கு பொருள் தொகுதியானது கூலம் (Grain) எனவும், துளையானது வழிப்புழை (Port) எனவும் அழைக்கப் பெறுகின்றன.

எரியூட்டலானது கூலத்தின் உச்சியில் அமைக்கப்பெற்ற வெப்பநிலையுணர் தொடக்கி (Temperature sensitive primer) ஒன்றின் வழியே மின்னோட்டம் ஒன்றைச் செலுத்துவதன்மூலம் தொடக்கி வைக்கப் பெறுகிறது. தொடக்க எரியூட்டலால் உருவாக்கப்படும் வெப்பவாயுக்கள் வழிப்புழை வழியே வெளி யேறும்போது அதன் பாதையிலமைந்த் கூலப்பரப்பை எரியூட்டு வதையடுத்து வழிப்புழையிலிருந்து அறையின் சுவர்களை நோக்கித் தீ பரவுகிறது. இவ்வமைப்பில் உருவாகும் அழுத்தம் சுமார் 100 kPa முதல் 400 kPa வரையுள்ளது.

பாலியுரேத்தேன்கள் (Polyurethanes) மற்றும் பாலி பூட்டாடீன்கள் (Polybutadienes) போன்ற பிளாஸ்டிக் பொருள்கள் எரிபொருள்களாகவும் நைட்ரேட் அல்லது குளோ ரேட் உப்புகள் போன்றவை ஆக்ஸிகரணிகளாகவும் பயன்படு கின்றன.

திண்ணியல் அமைப்பானது திரவ அமைப்பை நோக்க எளிய அமைப்பாகவும் அதிக அழுத்தத்தை அளிக்கவல்லதாகவும் இருப்பினும் மிகுந்த செயல்திறம் மற்றும் பல்முனைத்திறம் ஆகியவற்றின் காரணமாகத் திரவ அமைப்பே பெரிதும் பயன் படுத்தப்படுகிறது.

வெளியேறு வாயுக்கலவைக்கு மிகுந்த திசைவேகத்தை அளிப்பதே ராக்கெட்டின் தூம்புவாயின் பணியாகும். வாயுக் கலவையானது தூம்பு வாயின் வழியே. குறிப்பாக அதன் விரிந்த பகுதியின் வழியே செல்லும்போது அதன் அழுத்தம் வளிஅழுத்த மதிப்பிற்குக் குறைந்து வேகம் அதிகரிக்கிறது. விண்கலங்களை ஏவுவதற்குப் பயன்படும் ராக்கெட்டுகளைப் பொறுத்தவரை, அவை மேலே செல்லச் செல்ல வளி அழுத்தமானது தொடர்ந்து மாறுகிறது. எனவே, தூம்புவாயின் வடிவமைப்பு தொடர்ந்து மாறவேண்டியுள்ளது. ஆயினும், ராக்கெட்டின் முழுப்பயணத் திற்கும் ஏற்றதொரு தூம்புவாய் அமைப்பைப் பெறுவதென்பது இயலாத தொன்றாகும். ஒவ்வொரு கட்டத்திலும் வெவ்வேறு வடிவமைப்புடன் கூடிய தூம்பு வாய்களைக் கொண்ட பல்கட்ட ராக்கெட்டைப் பயன்படுத்துவதன் மூலம் இச்சிக்கலுக்குத் தீர்வு காணமுடியும்.

8.1.3. துணைக்கோள்கள்

பொதுவாக, பெரிய பொருளொன்றைச் சுற்றி இயங்கும் எந்தவொரு சிறியபொருளும் **துணைக்கோள்** எனப்படுகிறது.

ஆயினும், நடைமுறையில் கோள் ஒன்றினை வலம் வரும், அதனை நோக்கச் சிறியதாக அமைந்த ஒரு பொருள் துணைக் கோள் என அழைக்கப்படுகிறது. நமது சூரிய மண்டலத்தில் அமைந்த புதன், சுக்கிரன் மற்றும் புளூட்டோ ஆகியவை தவிர்த்த ஏனைய கோள்கள் ஒவ்வொன்றும் ஒன்று அல்லது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட துணைக் கோள்களைக் கொண்டுள்ளன. நமது புவிக்கு இயற்கையன்னை அளித்த துணைக்கோள் நிலா மட்டுமே. ஆயினும், புவியைச் சுற்றிய பாதையில் மேலும் பல துணைக் கோள்களை சாட்டர்ன் V (Saturn V) போன்ற இராக்கத ராக்கெட்டுகளின் உதவியால் மனிதன் ஏவியுள்ளான். அத்தகைய துணைக்கோள்கள் செயற்கைத் துணைக்கோள்கள் என அழைக்கப் பெறுகின்றன.

8.1.4. சுற்றியக்கத் திசைவேகம் (Orbital Velocity)

எந்தவொரு துணைக்கோளும் சில விதிகளுக்குட்பட்டே இயங்குகிறது. துணைக்கோளியக்கத்தின் ஒரு முக்கியப் பண்பளவு அதன் பாதை வழியேயான அதன் திசைவேகமாகும். அத்திசை வேகம் **சுற்றியக்கத் திசைவேகம்** எனப்படுகிறது. அதன் மதிப்பானது துணைக்கோள் எந்தக் கோளைச் சார்ந்துள்ளதோ அக் கோளின் நிறையையும் அக்கோளின் பரப்பிலிருந்து துணைக் கோளின் உயரத்தையும் பொறுத்துள்ளது. துணைக்கோளொன்றின் சுற்றியக்கத் திசைவேகத்திற்கான தொடர்பைப் பின்வருமாறு பெறலாம்:

m என்ற ஒரு நிறையை r என்ற ஆரங்கொண்ட ஒரு வட்டத்தின் வழியே v_0 என்ற வேகத்துடன் இயங்குவதற்கு

$$F = \frac{mv_0^2}{r} \qquad (6)$$

என்ற மைய நோக்கு விசை ஒன்று தேவை என நாமறிவோம். புவித்துணைக்கோள் ஒன்றைப் பொறுத்தவரை இவ்விசையினைப் புவிக்கும் துணைக்கோளுக்கும் இடையேயான ஈர்ப்புவிசை அளிக்கிறது. இந்த ஈர்ப்பு விசையின் மதிப்பை நியூட்டன் ஈர்ப்பியல் விதி அளிக்கிறது. புவி மற்றும் துணைக்கோளின் நிறைகள் முறையே M, m எனவும் அவற்றிற்கிடையேயுள்ள தொலைவு (சுற்றுப்பாதையின் ஆரம்) r எனவும் கொள்வோமாயின்,

$$\text{ஈர்ப்பு விசை } F = \frac{GMm}{r^2} \qquad (7)$$

ஆகும்; G என்பது ஈர்ப்பு மாறிலி என அழைக்கப்பெறுகிறது. அதன் மதிப்பு

$$G = 6{\cdot}770 \times 10^{-11} m^2\, kg^{-1}\, s^{-2} \qquad (8)$$

ஆகும். சுற்றுப்பாதையின் வழியே துணைக்கோளின் வேகமானது வட்டவியல் இயக்கத்திற்குத் தேவையான மையநோக்கு விசை இந்த ஈர்ப்பு விசைக்குச் சமமாகும் வகையில் அமைய வேண்டும். எனவே, வட்டப்பாதையில் இயங்கும் துணைக் கோளொன்றிற்கு

$$\frac{mv_0^2}{r} = \frac{GMm}{r^2}$$

$$\text{அல்லது } v_0 = \sqrt{\frac{GM}{r}} \qquad (9)$$

இது துணைக்கோளின் சுற்றியக்கத் திசைவேகமாகும். புவியின் வளிமண்டலத்தில் அமைந்த ஒரு பொருளின் மீதான ஈர்ப்பு விசையானது பொருளின் எடைக்குச் சமமாகும். எனவே, துணைக் கோளின் நிறை m, புவிப்பரப்பில் ஈர்ப்பு முடுக்கம் g, புவியின் ஆரம் R எனில், புவிப்பரப்பில்

$$\frac{GMm}{r^2} = mg$$

$$\text{அல்லது } GM = gR^2 \qquad (10)$$

ஆகும். எனவே, புவித்துணைக்கோள் ஒன்றின்

$$\text{சுற்றியக்கத் திசைவேகம் } v_0 = \sqrt{\frac{gR^2}{r}} \qquad (11)$$

புவிப்பரப்பிலிருந்து சுற்றுப்பாதையின் உயரம் h எனில் $r=R+h$ ஆகும். எனவே,

$$v_0 = \sqrt{\frac{gR^2}{R+h}} \qquad (12)$$

புவியின் செயற்கைத் துணைக்கோள்களைப் பொறுத்த வரை, சுற்றுப்பாதையின் உயரம் ஒரு சில நூறு கிலோ மீட்டர்களேயாகும். புவியின் ஆரத்தை $(R = 6400\ Km)$ நோக்க இது மிகச் சிறியதாதலால் சுற்றுப்பாதையின் ஆரத்தை புவியின் ஆரமாகவே கொள்ளலாம். எனவே,

$$v_0 = \sqrt{gR} \text{ ஆகும்.} \qquad (13)$$

துணைக்கோளின் பாதை சரியான வட்டமாக இல்லாமல் நீள்வட்டமாக அமையுமாயின் சுற்றியக்கத் திசைவேகத்தின் எண் மதிப்புத் தொடர்ந்து மாறுகிறது. அத்தகைய பாதையின் அண்மை நிலையில் (Perigee-position) துணைக்கோள் புவிக்கு மிக அண்மையில் இருப்பதால் அதன்மீதான ஈர்ப்பு விசையும் அதன் பயனாய் அதன் திசைவேகமும் பெருமமாக உள்ளன. துணைக்கோளானது அண்மை நிலையிலிருந்து விலகிச் செல்லச் செல்ல சேய்மை நிலையில் (Apogee-position) சிறும மாகும் வரை ஈர்ப்பு விசை குறைகிறது. நீள்வட்டப் பாதையின் வழியே துணைக்கோளின் வேகத்திற்கான தொடர்பு சிக்கல் நிறைந்ததாகும். ஆயினும், அண்மை மற்றும் சேய்மை நிலைகளில் திசைவேகத்திற்கான தொடர்புகளைப் பின்வருமாறு கூறலாம். நீள்வட்டத்தின் அரை நெட்டச்சு (Semi Major Axis) a எனவும் மையப்பிறழ்வு (Eccentricity) e எனவும் கொள்வோமாயின்,

$$V_{\text{அண்மை}} = \sqrt{\frac{GM}{a}\,\frac{(1+e)}{(1-e)}} \qquad (14a)$$

$$V_{\text{சேய்மை}} = \sqrt{\frac{GM}{a}\,\frac{(1-e)}{(1+e)}} \qquad (14b)$$

ஆகும்.

8.1.5. விடுபடு திசைவேகம் (Escape Velocity)

ஒரு பொருளைச் செங்குத்தாக மேல் நோக்கி எறிவோமாயின் அது குறிப்பிட்ட உயரம் சென்றடைந்த பின்னர் மீண்டும் புவிப் பரப்பை அடைவதை நாமறிவோம். பொருள் எறியப்படும் வேகம் மிகும்பொழுது அது சென்றடையும் உயரமும் அதிகமாகிறது. அதாவது, ஒரு பொருளை அதிக உயரத்திற்கு எறிய வேண்டுமாயின் அதற்கு அதிகத் திசைவேகம், எனவே, அதிக இயக்க ஆற்றல் அளிக்க வேண்டும். இதனை ஆற்றலடிப்படையில் பின்வருமாறு விளக்கலாம்:

புவிப் பரப்பிலிருந்து h உயரத்திலமைந்த m நிறையுடைய ஒரு பொருளின் நிலையாற்றல் mgh என நாமறிவோம். இந்த ஆற்றலானது புவியின் ஈர்ப்பு விசையை எதிர்த்து h உயரத்திற்குப் பொருளை எடுத்துச் செல்ல செய்யப்படும் வேலையின் அளவால் பெறப்படுகிறது. அந்த உயரத்திலிருந்து பொருள் தானே புவியை நோக்கி விழுமாயின் அதன் நிலையாற்றலானது சிறிது சிறிதாக இயக்க ஆற்றலாக மாற்றப்படு

கிறது. புவிப்பரப்பில் அதன் இயக்க ஆற்றலானது h உயரத்தில் அதன் நிலையாற்றலுக்குச் சமமாகும். எனவே, ஒரு பொருளைப் புவியீர்ப்பு விசையினை எதிர்த்து, புவிப் பரப்பினின்றும் h உயரத்திற்கு எடுத்துச் செல்ல வேண்டுமாயின் h உயரத்தில் அதன் நிலையாற்றலுக்குச் சமமான இயக்க ஆற்றலைப் புவிப்பரப்பில் அதற்கு அளிக்க வேண்டும். எனவே, பொருளொன்றினைப் புவிப்பரப்பினின்றும் அதிகத் தொலைவுக்கு எடுத்துச் செல்ல வேண்டுமாயின் புவிப்பரப்பில் அதற்கு அதிக இயக்க ஆற்றல் அளிக்கப்பட வேண்டும். பொருளைப் புவிக்கு மீளாவண்ணம் முடிவிலா உயரத்திற்கு எடுத்துச் செல்ல வேண்டுமாயின் புவிப் பரப்பில் அதற்கு மிக அதிக இயக்க ஆற்றல் அதாவது, மிக அதிகத் திசைவேகம் அளிக்கப்பட வேண்டும். அவ்வாறு அளிக்கப்படுமாயின் பொருளானது புவியின் ஆட்சியிலிருந்து விடுபடும். ஒரு பொருளானது புவியீர்ப்பு விசையினின்றும் விடுபட்டுச் செல்வதற்குப் புவிப் பரப்பில் அதற்கு அளிக்கப்பட வேண்டிய மேல் நோக்கிய சிறுமத் திசை வேகம் **விடுபடு திசைவேகம்** என அழைக்கப் பெறுகிறது. இத்திசைவேகமானது, பொருளொன்று முடிவிலா உயரத்திலிருந்து புவியை நோக்கித் தானே விழுமாயின் புவிப் பரப்பில் அது பெறும் திசைவேகத்திற்குச் சமமாகும்.

பொருளொன்றைப் புவிப்பரப்பினின்றும் r தொலைவிலிருந்து முடிவிலாத் தொலைவுக்கு எடுத்துச் செல்வதற்குச் செய்யப்பட வேண்டிய வேலை அல்லது செலவிடப்பட வேண்டிய ஆற்றல்

$$W = \frac{GMm}{r} \tag{15}$$

என நிறுவலாம். ஒரு பொருளுக்கு v_e என்ற திசைவேகத்தை அளிப்பதன் மூலம் இந்த ஆற்றலை அளிப்போமாயின் அதற்கு அளிக்கப்பட வேண்டிய இயக்க ஆற்றல் $\frac{1}{2} mv_e^2$ ஆகும்.

$$\text{எனவே,} \quad \frac{1}{2} mv_e^2 = \frac{GMm}{r}$$

$$\text{அல்லது} \quad v_e = \sqrt{\frac{2GM}{r}} \tag{16}$$

ஆகும். இதனைச் சமன் (9) உடன் ஒப்பு நோக்குவோமாயின்,

$$v_e = \sqrt{2}\, v_o \quad (17)$$

என அறியலாம். அதாவது,

ஒரு பொருளின் விடுபடு திசைவேகம் அதன் சுற்றியக்கத் திசை வேகத்தைப் போல் $\sqrt{2}$ மடங்காகும்.

மேலும், $GM = gR^2$ (சமன் 10) ஆதலால்

$$v_e = \sqrt{\frac{2gR^2}{r}} \quad (18)$$

ஆகும். துணைக்கோள் ஒன்று புவிப்பரப்பினின்றும் ஏவப்படுமாயின் $r = R$ ஆகும். எனவே,

$$v_e = \sqrt{2gR} \quad (19)$$

ஆகும்; g என்பது புவிப் பரப்பில் ஈர்ப்புமுடுக்க மதிப்பாகும்.

புவியின் ஆரம் $R = 6400\ km$, $g = 9 \cdot 8\ m/s^2$ ஆதலால்

புவிக்கான விடுபடு திசைவேகம் $v_e = \sqrt{2gR}$

$$v_e = \sqrt{2 \times 9 \cdot 8 \times 6400 \times 10^3}$$

$$= 11 \cdot 19\ km/s \text{ ஆகும்.}$$

இத்திசை வேகம் மிக அதிகமான திசைவேகமாகும். இத்திசை வேகத்துடன் இயங்கும் ராக்கெட் ஒன்று எவெரெஸ்ட் சிகரத்தைக் கண்ணிமைக்கும் நேரத்தில் கடந்து விடும்!

8.1.6. துணைக்கோளேவுதல்

துணைக் கோளொன்றை ஒரு குறிப்பிட்ட பாதையில் இயக்குவிப்பதையே துணைக்கோளேவுதல் (Satellite launching) என அழைக்கிறோம். துணைக்கோள் ஒன்று ஏவப்படும்போது அது முதலில் குறிப்பிட்ட உயரத்திற்குச் செலுத்தப் பட்டு, பின்னர்க் கிடை நிலைக்குத் திருப்பப்பட்டு, இறுதியாக அதன் சுற்றியக்கத்திற்குத் தேவையான கிடைத்தளத் (புவிப் பரப்புக்கு இணையான) திசை வேகம் அளிக்கப்படுகிறது. துணைக்கோளொன்று புவிப்பரப்பினின்றும் h உயரத்திலமைந்த வட்டப்பாதை வழியே புவியை வலம் வருவதற்குத் தேவையான இத்திசைவேக மதிப்பைச் சமன் (12) லிருந்து, அதாவது,

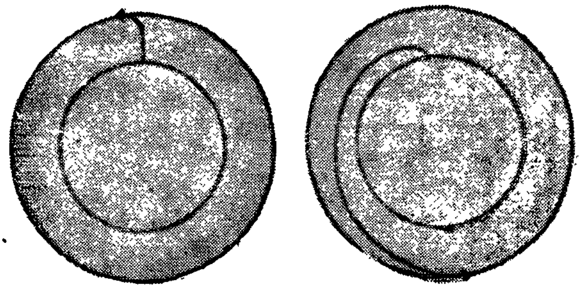
$$v_o = \sqrt{\frac{gR^2}{R+h}}$$

என்ற தொடர்பிலிருந்து பெறலாம்.

புவியானது முற்றிலும் சரியான கோளமாக அமைய வில்லை, அதன் நிறையானது சீராக பங்கிடப்படவில்லை போன்ற சில உண்மைகளைப் புறக்கணித்து இத்தொடர்பானது பெறப்பட்டது என்பதை இங்கு நினைவிற் கொள்ள வேண்டும்; துணைக்கோளுக்கு அதன் பாதையில் அளிக்கப்பட வேண்டிய கிடைத்தளத் திசைவேகமானது (செலுத்து திசைவேகம் Injection Velocity) சமன் (12) னின்றும் கணக்கிடப்பட்ட மதிப்பைப் பெறாவிடில் துணைக்கோளின் பாதை வட்டமாக அமையாது. அளிக்கப்படும் திசைவேகமானது கணக்கிடப்பட்ட திசைவேகத்தைவிட அதிகமாகவும் விடுபடு திசைவேகமான $\sqrt{2}\, v_0$-ஐ விடக் குறைவாகவும் அமையுமாயின் துணைக்கோள் ஒரு நீள்வட்டப் பாதையில் இயங்கும். திசைவேகம் $\sqrt{2}\, v_0$-ஐ விட அதிகமாக இருந்தாலோ துணைக் கோளானது புவியை வலம் வருவதை விடுத்து விண்வெளியில் தப்பிச் செல்லும். செலுத்து திசைவேகமானது கணக்கிடப்பட்ட திசைவேகத்தைவிடக் குறை வாக இருந்தாலும் துணைக்கோள் புவியை வலம் வராது; ஆனால் இம்முறை அது வளைந்த பாதை ஒன்றின் வழியே புவியை நோக்கி விழும்; செலுத்து திசைவேக மதிப்பு v_0-ஐ நெருங்க நெருங்க பாதையின் நீளம் அதிகமாகும். உண்மையில் செலுத்துபுள்ளி (துணைக்கோளுக்குச் செலுத்து திசைவேகம் அளிக்கும் புள்ளி) யின் உயரம் கணிசமான அளவு அதிகமாக இருக்குமாயின், செலுத்து திசைவேகமானது v_0 மதிப்பிலிருந்து பெருமளவு மாறுபடாமலிருப்பினும், துணைக்கோளானது புவியை நோக்கி விழாமல் நீள் வட்டப்பாதையொன்றில் இயங் கும். மேலும், செலுத்து திசைவேகமானது கணக்கிடப்பட்ட மதிப்பினின்றும் சிறிதும் மாறுபடாமல் அமைந்து, செலுத்து திசை யானது கிடைத்தளத்திலிருந்து சிறிதளவு மாறுபட்டாலும் சுற்றுப் பாதையானது நீள் வட்டமாக அமையும். இவ்வுண்மைகளின் காரணமாகவும் துணைக்கோளின் மீது வளிமண்டலம் செயற் படுத்தும் தடையின் (வளி மண்டலத்தின் அடர்த்தி புறக் கணிக்கத் தக்கதாக அமையும். மிக அதிக உயரங்களில் சுற்றுப் பாதையை அமைப்பதன் மூலம் இதன் விளைவைக் குறைக்க லாம்) காரணமாகவும் புவியின் நிறையானது சீராகப் பங்கிடப் படாததன் காரண்மாகவும் சுற்றுப் பாதையானது வட்டமாக அமையாது நீள் வட்டமாக அமையும்.

துணைக் கோளொன்றை ராக்கெட்டுகளின் உதவியால் பல முறைகளில் அதன் பாதையில் இயக்குவிக்கலாம். அம் முறைகள் துணைக்கோளின் அளவைப் பொறுத்துப் பெருமளவில் மாறுபடுகின்றன. துணைக்கோளை, அது தேவையான உயரத்

திற்குச் செல்லுமளவுக்கு முதலில் செங்குத்தாக முடுக்குவித்து, அவ்வுயரத்தை அடைந்தபின்னர் அதற்குத் தேவையான சுற்றியக்கத் திசைவேகத்தைப் பெறுமளவுக்குக் கிடைத்திசையில் முடுக்குவிப்பது அவற்றுள் ஒரு முறையாகும் (படம் 8-4a). இம்முறையில், துணைக்கோளை அதன் பாதையில் ஏவுவதற்குத் தேவைப்படும் கால அளவு குறைவாக இருப்பினும் பெருமளவு இயக்கு பொருள் தேவைப்படும்; எனவே, மிகப் பெரிய அளவிலான ராக்கெட் தேவைப்படும்.



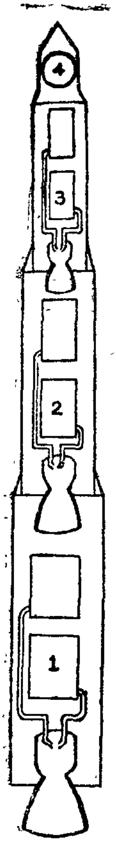
a b

படம் 8-4
துணைக்கோளை ஏவுவதற்கான இரு முறைகள்

மற்றொரு முறையானது இயக்கு பொருளைப் பொறுத்துவரைச் சிக்கனமாக அமைகிறது. இம்முறையில், துணைக் கோளைத் தாங்கிய ராக்கெட்டானது முதலில் புவிப்பரப்புக்கு மிக அருகிலமைந்த அண்மைப் புள்ளியையும் சுற்றுப்பாதையின் உயரத்திலமைந்த சேய்மைப் புள்ளியையும் கொண்டதொரு நீள்வட்டப் பாதையில் செலுத்தப்படுகிறது. ராக்கெட்டானது (14a) என்ற தொடர்பால் பெறப்படும் திசைவேகத்தைப் பெறுமாறு புவிப்பரப்பினின்றும் அண்மைப் புள்ளியை நோக்கி முடுக்கப்படும். ராக்கெட் சேய்மைப் புள்ளியை அடைந்த பின்னர் அதன் வட்டப் பாதைக்குத் தேவையான திசைவேகத்தைப் பெறுமாறு மீண்டும் முடுக்கப்படுகிறது (படம் 8-4b).

தக்கதொரு சுற்றுப்பாதையைத் தெரிந்தெடுப்பதன் மூலமும் இயக்கு பொருளைச் சிக்கனப்படுத்தலாம். காட்டாக, ஏவுதளமானது நிலநடுக்கோட்டிற்கு அருகில் அமைந்தும், துணைக் கோளின் இயக்கத் திசையானது புவியின் சுழற்சிப் போக்கிலும் அமையுமாயின் தொடக்கத் திசைவேகமானது சுமார் 0·44 km/s அளவு குறைக்கப்படலாம். எனவே, தேவைப்படும் இயக்கு பொருளும் கணிசமான அளவு குறையும்.

துணைக்கோளொன்றை 300 km உயரத்திலமைந்த பாதையொன்றில் ஏவுவதற்கு அதன் ஏவுதிசை வேகமானது குறைந்தது 8·5 km/s அல்லது 30600 kmph அளவாகவாவது இருக்க வேண்டுமென கணக்கீடுகளிலிருந்து அறியப்படுகிறது. இந்த மிகுந்த வேகமானது புவிப்பரப்பிலேயே ராக்கெட்டுக்கு அளிக்கப்படுமாயின் காற்று உராய்வின் காரணமாக ராக்கெட் எரிந்து விடும். மேலும், அத்தகைய பெரும் வேகங்களை ஒற்றை ராக்கெட் ஒன்றைக்கொண்டு பெற முடியாது. எனவே, **பல்கட்ட ராக்கெட்டுகள்** பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பல்கட்ட ராக்கெட் ஒன்றில் இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட ராக்கெட்டுகள் அமைக்கப்பட்டு, இறுதிக் கட்டத்தின் மேல் துணைக்கோள் அமைக்கப்படுகிறது. (படம் 8-5). இத்தகைய ராக்கெட் தொகுப்பின் தொடக்க எடை பெருமளவில் இருக்குமாதலால், முதல் கட்ட ராக்கெட்டானது பெரும் அழுக்கத்தை அளிக்கக் கூடியதாக அமையும்; எனவே, பெரும எடை கொண்டதாகவும் அமையும். மேல் நோக்கிய பயணத்தின்போது ஒரு கட்டமானது தனது பணி முடிந்தவுடன் பிற கட்டங்களிலிருந்தும் விடுபட்டு புவியை நோக்கி விழுந்து விடுகிறது. பின்னர் அடுத்த கட்ட ராக்கெட் எரியூட்டப் பெறுகிறது. இவ்வாறு ஒரு கட்டம் விடுபட்ட பின்னர் எஞ்சிய பகுதியின் எடை குறைவாக இருக்குமாதலால் அது அதிக முடுக்கம் பெற்று விரைவில் அதிக வேகம் பெறும்.



படம் 8-5

பல்கட்ட ராக்கெட்
1. முதல் கட்டம்
2. இரண்டாம் கட்டம்
3. மூன்றாம் கட்டம்
4. துணைக்கோள்

மேல் நோக்கிய பயணத்தின்போது ஒவ்வொரு வினாடியிலும் அமைய வேண்டிய, ராக்கெட் மற்றும் துணைக்கோள் ஆகியவற்றின் இயக்கமானது முன்னரே நுட்பமாகத் கணக்கிடப்படுகிறது. ராக்கெட் ஏவப்பட்ட பின்னர் தரை நிலையங்களிலிருந்து அனுப்பப்படும் (ரேடியோ சைகைகள் வடிவிலமைந்த) கட்டளை (Command) களாலும் ராக்கெட்டினுள்ளேயே அமைந்த கருவிகளாலும் அவ்வியக்கம் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது. ராக்கெட்டானது முதலில் சுமார் 20 km முதல் 50 km வரையிலான உயரத்திற்குச் செங்குத்தாக மேலெழுகிறது.

பின்னர்செலுத்து புள்ளியை அடையும் வரை கிடைநிலையை நோக்கிச் சிறிது சிறிதாகச் சாய்க்கப்படுகிறது. செலுத்து புள்ளியை அடைந்தவுடன் சுற்றியக்கத்திற்குத் தேவையான திசைவேகம் அளிக்கப்படுகிறது.

துணைக்கோள் அதன் பாதையில் செலுத்தப்பட்ட பின்னர் பல காரணங்களால் அப்பாதையானது நிலையாக அமையாது. அவற்றுள் சில பின்வருமாறு: (i) புவியின் நிறையானது சீராகப்* பங்கிடப்படாமலிருப்பது; (ii) புவியின் வடிவம் முற்றிலும் சரியான கோளமாக இராததால் துணைக்கோளின் வெவ்வேறு நிலைகளில் அதன்மீதான புவியீர்ப்பு விசையில் ஏற்படும் மாறுபாடு மற்றும், (iii) சூரியன் மற்றும் நிலவினால் விளையும் ஈர்ப்பு விசை (பெரிய அளவிலான சுற்றுப் பாதைகளைக் கொண்ட துணைக்கோள்களுக்கு இவ்விளைவு பெருமளவில் அமையும்). மேற் கூறப்பட்ட காரணங்கள் துணைக்கோளின் சுற்றுப்பாதையின் தளத்தையும் கவியக் கோட்டையும் (Line of apsides-அண்மைப் புள்ளியையும் சேய்மைப் புள்ளியையும் இணைக்கும் கோடு) சுழலச் செய்கின்றன.

துணைக்கோளின் சுற்றுப்பாதையின் நிலைப்பாடின்மைக்கான மற்றொரு முக்கிய காரணம் வளிமண்டல இழுப்பு (Drag of the atmosphere) ஆகும். இது துணைக்கோளின் இயக்கத்தைக் குறைத்து, சுற்றுப்பாதையின் அளவைக் குறைத்து, அதனைப் புவியை நோக்கி விழச் செய்கிறது.

ஜைராஸ்கோப்புகளைப் பயன்படுத்துவதன் மூலமும், துணைக்கோளை அதன் அச்சைப் பற்றிச் சுழலச் செய்வதன் மூலமும், அதனுடன் இணைக்கப் பெற்ற சிறு வெர்னியர் ராக்கெட்டுகளை இயக்குவிப்பதன் மூலமும் மேற்கூறிய விளைவுகளை எதிர்த்து சுற்றுப் பாதையினை நிலைப்படுத்தலாம்.

8.2. துணைக்கோள்கள்

8.2.1. புவித் துணைக்கோள்கள்

புவிக்கு இயற்கையளித்திட்ட துணைக்கோள் நிலவு ஒன்றேயாகும். ஆயினும், புவியானது மனிதனால் ஏவப்பெற்ற பல செயற்கைத் துணைக்கோள்களைக் கொண்டுள்ளது. இத்துணைக்கோள்கள் யாவும் விண்வெளியைப் பற்றிய ஆய்வுக்கும்

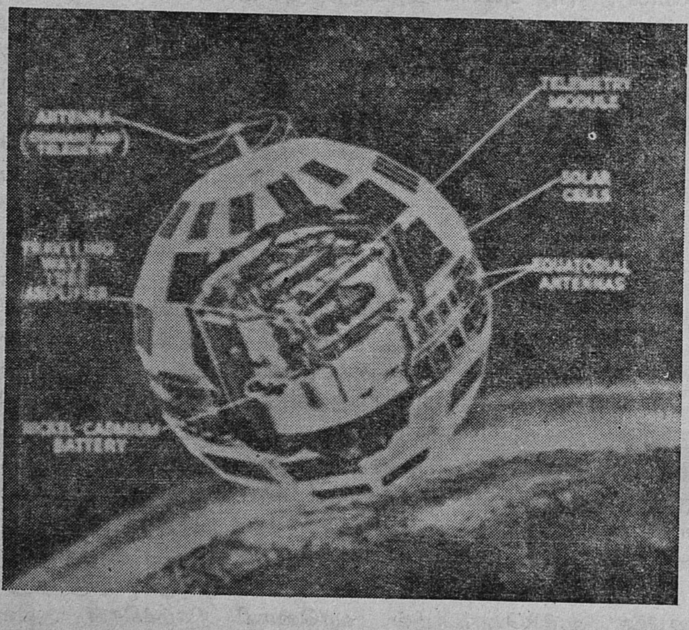
புவிப்பரப்பில் வெவ்வேறு இடங்களுக்கிடையே சிறந்த செய்தித் தொடர்புகளைப் பெறுவதற்கும், சிறந்த நீர்வழிப் பயணக் கட்டு பாடுகளைப் பெறவும், நுட்பமான வானிலைக் குறிப்புகளைப் பெறவும் விண் வெளியில் ஏவப் பெற்றுள்ளன. அத்தகைய துணைக்கோள்களைப் பற்றி இங்குச் சுருக்கமாகக் காண்போம்.

செயற்கைத் துணைக்கோள்கள் அவற்றின் பயன்களுக்கேற்ப (i) செய்தித் தொடர்புத் துணைக்கோள்கள் (Communication Satellites), (ii) புவிவள ஆய்வுத் துணைக்கோள்கள் (Earth Resources Technology Satellites ERTS), (iii) வழிநடத்து துணைக்கோள்கள் (Navigation Satellites), (iv) கடலாய்வுத் துணைக்கோள்கள் (Oceanic Satellites), (v) புவிப்பெருநில அளவீட்டுத் துணைக்கோள்கள் (Geodetic Satellites). மற்றும் (v) வானிலையாய்வுத் துணைக்கோள்கள் (Weather Satellites) என வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. அவை ஒவ்வொன்றின் முக்கியப் பயன்களும் சில எடுத்துக் காட்டுகளும் பின்வருமாறு:

(i) **செய்தித் தொடர்புத் துணைக்கோள்கள் :** இவ்வகைத் துணைக்கோள்கள் சிறந்த செய்தித் தொடர்பு அமைப்புகளாகச் செயற்படுவதோடு புவிசார்ந்த செய்தித் தொடர்புத் தடங்கள் நிரம்பி வழிவதற்கான தீர்வையும் அளிக்கின்றன. நெடுங்கால மாக, நெடுந்தூரச் செய்தித் தொடர்புக்குப் பொதுவச்சுக்கம்பி வடங்கள் (Coaxial cables) பயன்படுத்தப்பட்டன. நெடுந் தூரச் செய்தித் தொடர்புகளின் பயன்கள் மென்மேலும் அதிக மான போது இக்கம்பி வடங்களால் ஈடு கொடுக்க முடியாமல் போகவே ரேடியோ அலைகள் பயன்படுத்தப்பட்டன. ரேடியோ அலைகளைப் பயன்படுத்தும் செய்தித் தொடர்பு அமைப்பு ரேடியோ வழித் தொடர்பு அமைப்பு என அழைக்கப்படுகிறது. ரேடியோ வழித்தொடர்பில், வானொலி நிகழ்ச்சிகள் அகில இந்திய வானொலியில் (AIR) பரப்பப்பட்டு வானொலிப் பெட் டிகளால் ஏற்கப்படும். அதே முறையில் செய்திகள் அனுப்பப்பட்டு ஏற்கப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு வானொலி நிலையத்திற்கும் தனியோர் அதிர்வெண் இருப்பது போலவே செய்தித் தொடர்பு அமைப்பிலும் (இரு நிலையங்களை இணைக்கும்) ஒவ்வொரு செய்தித் தடத்திற்கும் தனியதொரு அதிர்வெண் இருக்கும். அரு கருகே அமையும் தடங்கள் ஒன்றையொன்று குறுக்கிடாமல் இருக்க வேண்டுமாயின் அவை ஒவ்வொன்றும் 10 *kHz* அகல அதிர்வெண் பட்டை ஒன்றைப் பெற்றிருக்க வேண்டும். இதன் காரணமாக, ரேடியோ வழித் தொடர்புகள் மென்மேலும் அதிக

மாகும்போது (3 முதல் 300 *MHz* வரையிலான) உயர் அதிர்வெண் பகுதியில் மட்டுமே மேலும் பல தடங்களைப் பெற முடியும்.

பொதுவாக, ரேடியோ அலைகள் அயனமண்டலத்தால் பிரதிபலிக்கப்படுவதாலேயே புவிப்பரப்பில் ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத்திற்குப் பரவுகின்றன. ஆயினும், 30 *MHz*-க்கு மேற்பட்ட அதிர்வெண்களைக் கொண்ட ரேடியோ அலைகள்



படம் 8-6

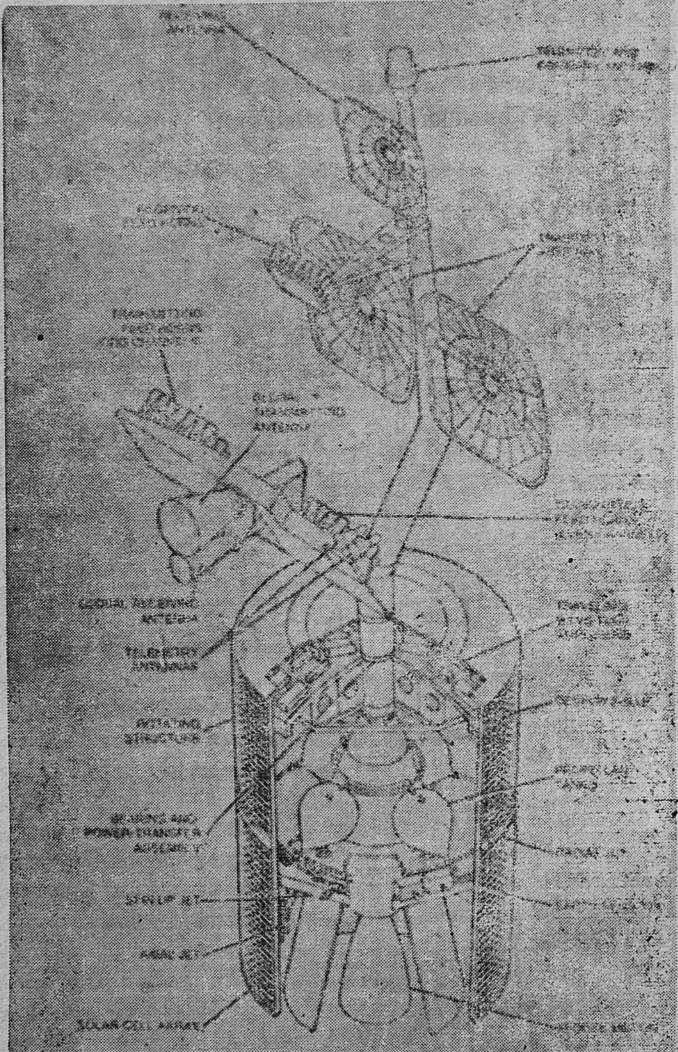
டெல்ஸ்டார்

அயனமண்டலத்தால் பிரதிபலிக்கப்படாமல் துளைத்துச் செல்கின்றன. எனவே, அத்தகைய அலைகளை ஒன்றுக்கொன்று நேர்ப்பார்வையிலுள்ள இருநிலையங்கள் மட்டுமே பயன்படுத்த முடியும். புவிப்பரப்பு வளைந்திருப்பதால் அவ்விரு நிலையங்களுக்கிடையேயுள்ள தொலைவு மிகுதியாக அமைய முடியாது. ஆயினும், புவிப்பரப்பினின்றும் சில நூறு அல்லது சில ஆயிர கிலோமீட்டர்கள் உயரத்தில் அமைந்த துணைக் கோளொன்

றைப் பொறுத்தவரையோ புவிப்பரப்பின் கணிசமான பரப்பளவு நேர்ப்பார்வையில் அமையும். எனவே, அத்தகைய துணைக் கோள் ஒன்று புவிப்பரப்பில் அமைந்த ஒரு நிலையத்திலிருந்து மற்றொரு நிலையத்திற்குச் செய்திகளை அஞ்சல் செய்ய முடியும். அத்தகைய துணைக்கோள்கள் செய்தித் தொடர்புத் துணைக் கோள்கள் (Communication satellites) என அழைக்கப் பெறுகின்றன.

துணைக்கோள்கள் செய்திகளை இருமுறைகளில் அஞ்சல் செய்யக் கூடும். சில துணைக்கோள்கள் ரேடியோ அலைகளைப் பிரதிபலிக்க மட்டுமே செய்கின்றன. அத்தகைய துணைக் கோள்கள் திறனிலித் துணைக்கோள்கள் . (Passive satellites) என அழைக்கப் பெறுகின்றன. பிற துணைக்கோள்கள் ரேடியோ அலைகளை ஏற்று, அவற்றைப் பெருக்கி மீண்டும் பரப்புகின்றன. அத்தகைய துணைக்கோள்கள் திறனுடைத் துணைக்கோள்கள் (Active satellites) என அழைக்கப் பெறுகின்றன. எக்கோ I, எக்கோ II (Echo) என்ற முதலிருத் துணைக்கோள்களும் திறனிலித் துணைக்கோள்களாகும். அவற்றை அடுத்து ஏவப்பட்ட துணைக்கோள்கள் யாவும் திறனு டைத் துணைக்கோள்கள் வகையைச் சேர்ந்தவையாகும். அவை டெல்ஸ்டார் I மற்றும் II (Telstar), (படம் 8-6) ரிலே (Relay), I மற்றும் II சின்காம் I, II மற்றும் III, பயனாய்வுத் துணைக்கோள்கள் I முதல் VII (Application Technology Satellites-ATS) இன்டல்சாட் (அனைத்துலகத் தொலைதூரத் தொடர்புத் துணைக்கோள்கள் நிறுவனம் - International Telecommunications Satellite Organization-Intelsat) II A, II B, II C, III, IV, மற்றும் IV A (படம் 8-7) ஆகியவையாகும்.

டெல்ஸ்டார் I -ன் உதவியுடன் முதல் ரேடியோ வழித் தொடர்புகளும் டெலிவிஷன் ஒளிபரப்புகளும் எய்தப் பெற்றன. டெல்ஸ்டார் II அமெரிக்காவுக்கும் ஐரோப்பாவுக்கும் இடையே யான முதல் வண்ண ஒளிபரப்பை நிகழ்த்தியது. சின்காம் III, 1964 ஒலிம்பிக் விளையாட்டுகளை ஜப்பானிலிருந்து அமெரிக் காவுக்கு ஒளிபரப்பியது. ATS வகைத் துணைக்கோள்கள் வானிலையைத் தொடர்ந்து அறிவதற்கான கருவிகளையும் பெற் றிருந்தன. இன்டல் சாட் IV A என்பது நான்கு துணைக் கோள்களைத் கொண்டதோர் அமைப்பாகும். அதன் ஒவ் வொரு துணைக் கோளும் 6000 தொலைபேசிச் சுற்றுகளை ஏற்றவல்லதாக அமைவதோடு பல்லாயிரக்கணக்கான TV சுற்று களுக்குச் சமமான திறமையையும் பெற்றுள்ளன. அவை 80



படம் 8-7

இன்டல்சாட் *IV A*

நாடுகளில் அமைந்த 150 புவிநிலையங்களை இணைக்கின்றன. 1975-ல் ஏவப்பட்ட அவை ஏழு ஆண்டுகள் அளவிலான ஆயுட் காலத்தைக் கொண்டுள்ளன.

ATS VI என்ற துணைக்கோள் இந்தியா தனது SITE திட்டத்தை (துணைக்கோள் டெலிவிஷன் வழிப் பயிற்றுவிப்புக் சோதனைத் திட்டம்-Satellite Instiuctional Television Experiment Programme) நிறைவேற்றுவதில் 1975 ஜூன் திங்கள் முதல் ஓராண்டு காலத்திற்குச் சேவை புரிந்தது. இத்திட்டமானது குடும்ப நலத்திட்டம், மேம்பட்ட விவசாய முறைகள், தொழிற்துறைப் பயிற்சி, உடல்நலம் மற்றும் சுகாதாரம் பற்றிய மற்றும் பள்ளி நிகழ்ச்சிகளை நாட்டின் கிராம மக்களுக்கு ஒளிபரப்புவதற்காகத் திட்டப்பட்ட திட்டமாகும்.

(ii) **புவிவள ஆய்வுத் துணைக்கோள்கள் :** இவ்வகைக் துணைக் கோள்கள் புவியின் பல்வகை வளங்களையும் திறம்படப் பயன்படுத்துவதில் நமக்குத் துணைபுரிகின்றன. அவை இப்போது லாண்சாட் (LANDSATS) என அழைக்கப்படுகின்றன. அத்தகைய இரு துணைக்கோள்கள் இப்போது புவியை வலம் வருகின்றன. ஆறுகள், பலவகைப் பயிர்கள், காடுகள் போன்ற யாவும் அவற்றிற்கே உரிய தனிவகைத் கதிர்வீச்சுகளை வெளிவிடுகின்றன என அறியப்பட்டுள்ளது. அத்தனிவகைக் கதிர்வீச்சுகள் அவற்றின் 'தனிக்குறியீடுகள் (Signature) என அழைக்கப்பெறுகின்றன.

புவிவள ஆய்வுத் துணைக்கோள்கள் இத்தகைய கதிர் வீச்சுக்களைக் கண்டுணரக்கூடிய கருவிகளைக் கொண்டுள்ளன. இக்கதிர் வீச்சுக்கள் அல்லது தனிக்குறியீடுகள் விளைச்சல் பரப்பை மதிப்பிடுவதிலும், பனிமூடிய பரப்புகளை அளவிடுவதிலும், சறுக்கு பனிக் கட்டிகளின் (Glaciers) இயக்கத்தை அறிவதிலும், காற்று மற்றும் நீர்த் தூய்மைக் கேடுகளை இடமறிவதிலும் ஆய்வாளர்களுக்குத் துணைபுரிகின்றன. அத்துணைக் கோள்கள் மீன்கள் பெருமளவில் காணப்படக்கூடிய இடங்களைப் பற்றிய குறிப்புகளை அளிப்பதன் மூலம் மீன் பிடித்துறைக்கும் துணைபுரிகின்றன. அவை பச்சையத் தனிக்குறியீடுகளைக் (Chlorophyll Signatures) கண்டுணர வல்லவையாய் உள்ளன. இப்பச்சையக் குறியீடுகள் கடற்பாசிகள் இருக்குமிடங்களை, எனவே, மீன்வளமிகுந்த இடங்களை அறிவிக்கின்றன. கீழ்நிலைக் குளிர் நீரோட்டங்களும் (Cold Sub-Surface Waters) மேல் நிலை வெப்ப நீரோட்டங்களும் (Warm

Surface Waters) சந்திக்கும் இடங்களையும் இத்துணைக் கோள்கள் கண்டுணர்கின்றன. அத்தகைய இடங்களிலும் மீன்கள் அதிக அளவில் வாழ்கின்றன.

(iii) வழிநடத்து துணைக்கோள்கள் (Navigation Satellites): இத்துணைக்கோள்கள் கப்பல்களோடு ரேடியோத் தொடர்பு கொள்வதன் மூலம் அவற்றை வழி நடத்துவதில் பயன் படுகின்றன. அவை செயற்படும் முறையானது புவி நிலையம் ஒன்று அதனின்றும் துணைக்கோளொன்றின் நிலையை அறியும் முறைகளை ஒத்துள்ளது. ஒரு முறையில் வழி நடத்தப் படவேண்டிய கப்பலானது துணைக்கோளிலிருந்து ரேடியோ சைகைகளை ஏற்றுத் திருப்பி அனுப்புகிறது. இச்சைகைகள் கப்பலுக்குச் சென்று மீள்வதற்கான கால அளவிலிருந்து துணைக் கோளைப் பொறுத்த கப்பலின் நிலைக் கோட்டினை (Line of position) மதிப்பிடலாம்: மற்றுமொரு துணைக்கோளி லிருந்து பெறப்பட்ட அத்தகைய குறிப்புகளிலிருந்து கப்பலின் நிலையைப் பிழையற அறியலாம்.

மற்றொரு முறையில் ஒற்றைத் துணைக்கோள் ஒன்றி லிருந்து பெறப்படும் ரேடியோ சைகைகளின் அதிர்வெண்ணில் விளையும் டாப்ளர் பெயர்ச்சி (Doppler shift) கப்பலால் அளவிடப்படுகிறது. இத்தகைய டாப்ளர் பெயர்ச்சிகளினின் றும் துணைக்கோளைப் பொறுத்து கப்பலின் இடமறிய முடியும்.

இத்தகைய வழி நடத்துதற்கான டிரான்ஸிட் (Transit) துணைக்கோள்கள் ஏவப்பட்டுள்ளன. அத்தகைய துணைக் கோள்கள் 0·8 km அளவிலான நுட்பத்துடன் கப்பல்களை இடமறிய வல்லவையாய் உள்ளன. மேலும், அவை கடற்பனிப் பாறைகளை (Ice bergs) இடமறிந்து அவற்றின் இருப்பிடங் களைப் பற்றிப் புவிநிலையங்களின் மூலமாகக் கப்பல்களுக்கு அறிவிக்கவும் செய்கின்றன. இவ்வாறாக அவை தீங்கற்ற கடற் பயணங்களுக்கு உறுதுணை புரிகின்றன.

(iv) **கடலாய்வுத் துணைக்கோள்கள்:** இவ்வகைத் துணைக் கோள்கள் புவிப்பரப்பின் 71% அளவிலான கடற்பரப்பை ஆராய்கின்றன. அவை வேலையேற்றங்கள் (Tides) மற்றும் கடலடி நீரோட்டங்களில் ஏற்படும் மாற்றங்களைப் பற்றி அறிவிக் கின்றன. கடலடி நீரோட்டங்களைப் பற்றிய அறிவானது மித வியத்தின் (Plankton) வளர்ச்சியில் அவற்றின் பங்கு மற்றும் கடல்வாழினங்களின் புலம் பெயர்ப்பாங்கு (Migratory habits)

ஆகியவை பற்றிய ஆய்வில் துணைபுரிகிறது. இத்துணைக் கோள்கள் கடற் பனிப்பாறைகளைப் பற்றியும் அறிவித்துக் கடற் பயணங்களிலும் துணைபுரிகின்றன.

(v) **புவிப் பெருநில அளவீட்டுத் துணைக் கோள்கள்:** இத் துணைக்கோள்கள் நுட்பமான புவிப் பெருநில அளவீட்டுத் துறையில் (Geodetic surveying) பெரிதும் உதவுகின்றன. நில அளவீடு என்பது புவிப்பரப்பின் ஒரு பகுதியின் வடிவம், உருவரை, நிலை அல்லது பரிமாணங்களை அளவிட்டு, இக் குறிப்புகளைப் படத்தில் குறிப்பிடும் கலையாகும். அளவிடப் பட வேண்டிய பரப்பில் கிடைத்தள மற்றும் செங்குத்துத் தொலைவுகள் மற்றும் கோணங்களை அளவிட்டு இக்குறிப்புகள் பெறப்படுகின்றன. அளவிடப்படும் பரப்பானது 260 சதுர கிலோமீட்டரைவிடக் குறைவாக இருக்குமாயின் அப்பரப்பு சமதளப் பரப்பாகக் காணப்படுகிறது; நில அளவீடு, சமதள நில அளவீடு (Plane surveying) எனப் பெறுகிறது. இதனை விட அதிகப்பரப்புகளைப் பற்றிய அளவீடுகளில் புவிப் பரப்பின் விளைவைக் கருத்தில் கொள்ள வேண்டும். அத்தகைய நில அளவீடு புவிப்பெருநில அளவீடு (Geodetic surveying) என அழைக்கப் பெறுகிறது. அத்தகைய பெரும் பரப்புகளில் இரு புள்ளிகள் புவியைப் பொறுத்தவரை நேர்ப்பார்வையில் அமையாமல் இருக்கக்கூடும். ஆயினும் துணைக்கோளொன்றிற்கு அவை நேர்ப்பார்வையில் அமையக்கூடும். இக்கருத்தே துணைக்கோள்களின் உதவியால் செய்யப்படும் புவிப்பெருநில அளவீடுகளின் அடிப்படையாக அமைகிறது

அன்னா I-B (Anna I-B) என்ற துணைக்கோளானது இதற்கெனவே ஏற்பட்டதாகும். புவிப்பெருநில அளவீட்டிற்குப் பயன்படுத்தப்பட்ட மற்றொரு துணைக்கோள் எக்ஸ்ப்ளோரர் XXII (Explorer XXII) ஆகும். அத்தகைய நில அளவீடானது புவிக்குப் புதியதொரு வடிவை அளித்துள்ளது. புவியானது துருவப் பகுதிகளில் சற்றே தட்டையாக அமைந்த கோளவடிவைப் பெற்றுள்ளது என இதுவரை கருதப்பட்டது. ஆனால் இப்போதோ, அது வட துருவப் பகுதியைவிடத் தென் துருவப் பகுதியில் அதிகத் தட்டையாக அமைந்து பேரிக்காய் வடிவைப் பெற்றுள்ளது என அறியப்படுகிறது.

(vi) **வானிலையாய்வுத் துணைக்கோள்கள்:** தொடக்கத்தில் வானிலைக் குறிப்புகள் வேறு காரணங்களுக்காக ஏவப்பட்ட ATS-1 போன்ற துணைக்கோள்களின் மூலம் பெறப்

பட்டன. ஆயினும், பின்னர் வானிலை ஆய்வுக்கெனவே தனிப்பட்ட துணைக்கோள்கள் ஏவப்பட்டன. அத்தகைய முதல் தொகுதித் துணைக்கோள்கள் TIROS (Television and Infra Red Observation Satellites) துணைக்கோள்கள் ஆகும். பெயருக்கேற்ப, அவை டெலிவிஷன் படப் பெட்டிகளையும், அகக் சிவப்பு கதிர்மானிகளையும் (அகச் சிவப்புக் கண்டுணர் கருவி), அவற்றால் சேகரிக்கப்பட்ட குறிப்புகளை ஒளிபரப்புவதற்கென தானியங்கு ஒளிபரப்பு அமைப்புக்களையும் தன்னகத்தே கொண்டுள்ளன. இவற்றையன்றி வளிமண்டலத்தில் நீராவியின் அளவையும் புவிப்பரப்பு மற்றும் முகில்களின் வெப்பநிலையையும் அளவிடுவதற்கான கருவிகளையும் அவை பெற்றிருந்தன.

அடுத்து ஏவப்பெற்ற நிம்பஸ் (Nimbus) துணைக்கோள்கள் மேம்பட்ட வானிலையாய்வுத் துணைக்கோள்களாகும். இத் துணைக்கோள்கள் தினசரி வானிலைக் குறிப்புகளைப் பெறுவதற்கென அமைக்கப்பட்டவையாகும். இவை புவி நிலையங்களிலிருந்து (ஆளுடை நிலையங்களும், தரைப்பகுதியில் பலூன்கள் மற்றும் கடற்பகுதியில் மிதவைகள் போன்ற ஆளில்லா நிலையங்களும்) அழுத்தம், வெப்பநிலை காற்றின் வேகம் போன்ற இன்னோரன்ன பிற குறிப்புகளைச் சேகரித்தும் ஒருங்கிணைத்தும் தேவையான தினசரி வானிலைக் குறிப்புகளை அளிக்கின்றன.

8.2.2. ஆர்யபட்டா (Aryabhata)

1975 ஆம் ஆண்டு ஏப்ரல் திங்கள் 19 ஆம் நாள் தன் முதல் அறிவியல் துணைக்கோளை விண்வெளியில் ஏற்றுவித்து இந்தியாவும் விண்வெளியில் அடியெடுத்து வைத்தது. இந்தியத் துணைக்கோளானது ஐந்தாம் நூற்றாண்டைச் சேர்ந்த இந்திய வானியல் வல்லுநரை நினைவுகூரும் வகையில் ஆர்யபட்டா எனப் பெயரிடப்பட்டது. அது முற்றிலும் இந்திய அறிவியலாளர்களால் வடிவமைக்கப்பட்டு மாஸ்கோவிற்கு அருகிலுள்ள விண்கல ஏவுக்கூடம் ஒன்றிலிருந்து ரஷ்ய ராக்கெட் ஒன்றின் உதவியால் ஏவப்பட்டது. ஆர்யபட்டா 26 முகங்களைக் கொண்ட பல்முகவடிவம் கொண்டு, 360 கிலோ கிராம் எடையுடையதாகவும் நீலம் மற்றும் ஊதா வண்ணங் கொண்டதாயும் அமைகிறது. அது புவியினின்றும் 564 கிலோ மீட்டருக்கும் 623 கிலோ மீட்டருக்கும் இடைப்பட்ட உயரத்தில் ஏறத்தாழ வட்டப்பாதை ஒன்றில் சுமார் 96·4 நிமிடங்களுக்கு ஒரு முறை புவியைச் சுற்றி

வருகிறது. அதன் புறப்பரப்பில் சுமார் 3·7 சதுர மீட்டர் பரப்பளவில் அமைக்கப்பட்ட 1800 சூரிய மின்கலங்கள் சரா சரியாக 46 வாட்டுகள் மின்னாற்றலை உருவாக்க வல்லவையாய் அமைகின்றன.

ஆர்யபட்டா (படம் 8-8) மூன்று முக்கியத் துறையிலான சோதனைகளுக்கென ஏவப்பட்டது. அவையாவன: (i) எக்ஸ் கதிர் வானியல் (X-ray Astronomy) (ii) உயர்வளி மண்டல இயற்பியல் (Aeronomy) மற்றும் (iii) சூரிய இயற்பியல் (Solar Physics).

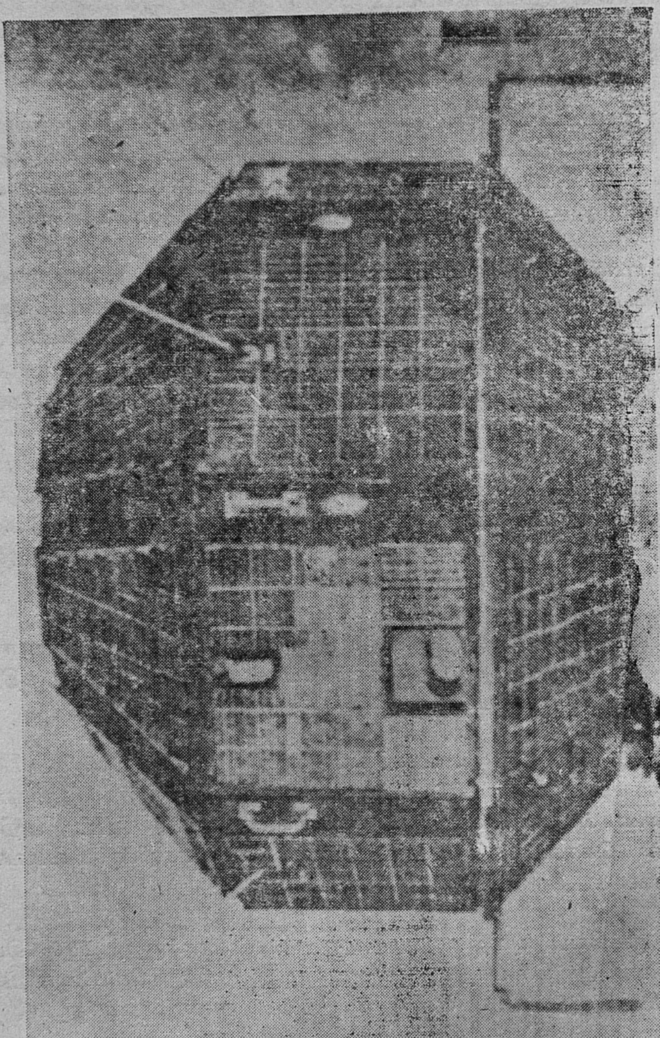
எக்ஸ் கதிர் வானியலில், அண்டவெளியில் பல்வேறு திசை களிலிருந்து வரும் எக்ஸ் கதிர்கள் அளவிடப்பட்டன. அத் தகைய ஆய்வானது நமது விண்மீன் திரளிலுள்ள விண்மீன் களிலும் அதற்குப் புறத்தேயுள்ள பொருள்களிலும் எக்ஸ் கதிர் களின் உருவாக்கத்திற்கு வழிவகுக்கும் நிகழ்ச்சிகளைப் பற்றி அறிவதற்கு நமக்கு உதவுகிறது.

உயர்வளிமண்டல இயற்பியலில் வளிமண்டலத்தின் உயரப் பகுதியின் ஆக்கக் கூறுகளின் தன்மை, அடர்த்தி, வெப்பநிலை மற்றும் அப்பகுதியில் நிகழும் வேதியியல் வினைகளின் தன் மையைப்பற்றி ஆராயப்பட்டது.

மூன்றாவது சோதனையில் சூரியனிலிருந்துவரும் காமாக் கதிர்கள் மற்றும் நியூட்ரான்கள் போன்ற உயர் ஆற்றல் கதிர் வீச்சுகள் ஆராயப்பட்டன.

ஆர்யபட்டா துணைக்கோளானது மூன்று புவிநிலையங் களால் பின் தொடரப்பட்டது. அந்நிலையங்கள் துணைக் கோளினால் சேகரிக்கப்பட்ட குறிப்புகளை 136 MHz அதிர் வெண் கொண்ட ரேடியோ அலைச் சைகைகளின் வடிவில் ஏற்றன.

முக்கியப் புவிநிலையமானது சென்னைக்கு 100 கிமீ வடக்கில் ஆந்திர மாநிலத்தில் அமைந்த ஸ்ரீஹரிகோட்டா (Sri harikota) (SHAR) என்னுமிடத்தில் அமைந்துள்ளது. அந் நிலையத்தில் திசையறிந்து திருப்பதக்கதோர் அன்டென்னாத் தொகுப்பும் துணைக்கோளிலிருந்து பெறப்பட்ட குறிப்புக்களை ஏற்கவும், ஏற்கப்பட்ட குறிப்புக்களைக் காட்சி முறைப்படுத்தி (Display)ப் பூர்வாங்க ஆய்வுகளை மேற்கொள்வதற்குமான முழு அமைப்பும் உள்ளன. துணைக்கோளின் வெவ்வேறு



படம் 8-8
ஆர்யபட்டா

தொலைவுகளில் அதனைப் பின்தொடர்ந்து கட்டளையிடுவதற்கான அமைப்பு ஒன்றும் உள்ளது.

இரண்டாவது நிலையம் ரஷ்யாவில் மாஸ்கோவிற்கருகிலுள்ள பியர்டு ஏரி (Beard Lake)க் கரையில் அமைந்துள்ளது. இது ரஷ்ய அறிவியற் கழகத்துடன் இணைத்து அமைக்கப்பட்டுள்ளது. அங்கு அமைந்த தொலைக்கட்டளை அமைப்பானது இந்தியப் பொறியியலாளர்களால் இந்தியக் கருவிகளைக் கொண்டே கட்டமைக்கப் பெற்றுள்ளது.

இவ்விரு நிலையங்களையன்றி ஃபிரெஞ்சு கயானாவில் ஃபிரான்சு நாட்டுப் பின்தொடர் நிலையம் (Tracking station) ஒன்றும் ஆர்யபட்டாவைப் பற்றிய குறிப்புகளைச் சேகரித்து அனுப்புகிறது.

ஆர்யபட்டா சுமார் ஆறுமாதங்கள் புவியை வலம் வந்த போதே தன் குறிக்கோளை நிறைவேற்றியது.

8.2.3. நிலாத்தரையிறங்குதல்

நிலவானது நமது புவிக்கு மிக அண்மையிலுள்ளதொரு வான் பொருளாதலால் பன்னெடுங்காலமாகவே கவிஞர்கள், அறிவியற் புனைகதை எழுத்தாளர்கள் மற்றும் அறிவியலாளர்கள் ஆகியோர்களின் கருத்தை கவர்ந்து வந்துள்ளது. புகழ்பெற்ற அறிவியற் புனைகதை எழுத்தாளரான ஜூலெ வெர்ன் (Jules Verne) என்பார் 1865-ஆம் ஆண்டில் 'புவியிலிருந்து நிலவுக்கு' (From the Earth to the Moon) என்னுமொரு நூலை வெளியிட்டுப் பல இளநெஞ்சங்களில் கற்பனை வளத்தைத் தூண்டிவிட்டார். ஜூலெ வெர்னின் இந் நூலால் தூண்டப்பெற்ற கான்ஸ்டான்டின் ட்ஸியோல் கோவ்ஸ்கி (Konstantin Tsiolkovsky) என்னும் ரஷ்ய நாட்டுப் பள்ளி ஆசிரியர் ஒருவர் விண்மீன்களைச் சென்றடையக்கூடிய எந்திரம் ஒன்றைப் பற்றி எண்ணத்தொடங்கியதோடு விண்வெளிப் பயணத்திற்கான நடைமுறை அணுகு நெறி ஒன்றையும் குறிப்பிட்டார். ட்ஸியோல் கோவ்ஸ்கியின் கருத்துகள் பேராசிரியர் ராபர்ட் கோடார்டு (Robert Goddard) என்பவரால் சோதனைக்குட்படுத்தப்பட்டன. அவர் 1926-ல் உலகின் முதல் திரவ இயக்குபொருள் ராக்கெட்டைக் கட்டமைத்தார். ஹெர்மன் ஓபெர்த் (Hermann Oberth) மற்றும் வெர்னர் வான் பிரான் (Wernher Von Braun) போன்ற அறிவியலாளர்கள் மேற்கொண்ட ஆராய்ச்சிகளின் பயனாய் சாட்டர்ன் V போன்ற

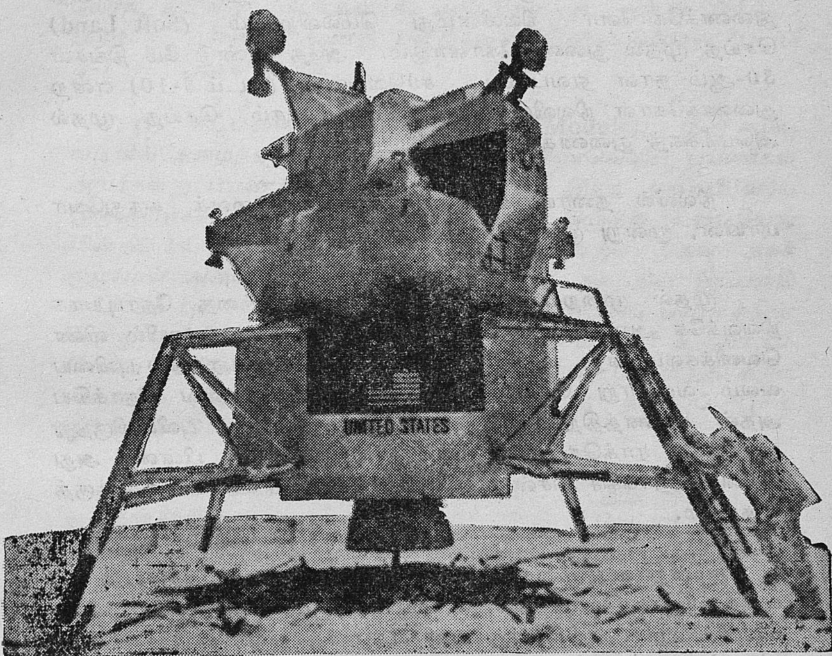
இராக்கத ராக்கெட்டுகளின் உதவியால் ஜூலெ வெர்னின் கனவுகள் இன்று நனவாக்கப்பட்டுள்ளன.

படம் 8-9

லூனா 9

விண்வெளிக்கலம் ஒன்று நிலவை அடையவேண்டுமாயின் முதலில் அது புவியின் ஈர்ப்பு விசையினின்றும் விடுபட வேண்டும். புவியின் ஈர்ப்பு விசையினின்றும் ஒரு விண்வெளிக்கலம் விடுபட வேண்டுமாயின் அது சுமார் 40,000 *kmph* என்ற திசை

வேகத்தைப் பெறவேண்டும். அவ்வாறு புவியின் ஆட்சியி லிருந்து விடுபட்ட பின்னர் அது நிலவை அடைவதற்குப் போது மான திசைவேகத்தைப் பெறவேண்டும். நிலவின் ஈர்ப்புப் புலத்தினுள் நுழைந்த பின்னர் நிலவில் பத்திரமாக இறங்கு வதற்கேற்ப நிலவின் ஈர்ப்பாற்றலை எதிர்த்துத் தன் வேகத்தைக் குறைத்துக் கொள்ளவேண்டும்.



படம் 8-10

நிலாக்கூடம்

நிலவில் தரையிறங்குவதற்கான முயற்சிகளை மேற்கொள்ளு முன் பெருமளவுப் பணிகளைச் செய்து முடிக்கவேண்டும். நிலாப் பரப்பின் தன்மை, அதன் வளிமண்டலம், அதன் வெப்ப நிலை மற்றும் விண்வெளிக்கலத்தை நிலவை நோக்கிச் செலுத் தக்கூடிய முறைகள் ஆகியவற்றைப்பற்றி அறிந்துகொள்ள வேண்டும்.

லூனிக் (Lunik), லூனாக்கள் (Luna) (ரஷ்யா) (படம் 8-9), பயனீர்(Pioneers), ரேஞ்சர் (Rangers)மற்றும் சர்வேயர் (Surveyors) (அமெரிக்கா) போன்ற விண்வெளிக்கலங்களை நிலவைச் சுற்றி வருமாறோ, நிலவில் தரையிறங்குமாறோ செய்து நிலாப் பரப்பின் தன்மை, அதன் வளிமண்டலம் மற்றும் வெப்ப நிலை ஆகியவற்றைப்பற்றி அறியப்பட்டது. 1966 ஆம் ஆண்டு பிப்ரவரித்திங்கள் 3ஆம் நாள் ஏவப்பட்ட லூனார் என்ற துணைக்கோளோ நிலவின்மீது மெல்லிறக்கம் (Soft Land) செய்த முதல் துணைக்கோளாகும். அதே ஆண்டு மே திங்கள் 30-ஆம் நாள் ஏவப்பட்ட சர்வேயர் I (படம் 8-10) என்ற துணைக்கோள் நிலவின் மீது மெல்லிறக்கம் செய்த முதல் அமெரிக்கத் துணைக்கோளாகும்.

நிலவில் தரையிறங்குவதற்கான முறைகளைக் கருதுவோமாயின், மூன்று முறைகள் கூறப்பட்டன.

முதல் முறையானது விண்வெளிக்கலத்தை நேரடியாக நிலவுக்கே அனுப்புவதாகும். இரண்டாவது முறையில் விண்வெளிக்கலமானது முதலில் சுமார் 200 கி மீ உயரத்தில் புவியை வலம் வருமாறு செய்யப்படும். அடுத்து, நிலவை நோக்கிய அதன் பயணத்திற்கான இயக்கு பொருளானது புவியிலிருந்து மற்றொரு ராக்கெட்டின் மூலம் அளிக்கப்படும். பின்னர் அது நிலவை நோக்கிச் சென்று, நிலவில் இறங்கிய பின்னர் புவிக்குத் திரும்பும்.

மூன்றாவது முறையில் விண்வெளிக்கலமானது புவியை வலம் வருவதற்குப்பதிலாக நிலவை வலம் வரும். அத்தகைய விண்வெளிக்கலம் ஒன்றிலிருந்து மனிதர்களைத் தாங்கிய சிறிய கலம் ஒன்று நிலவை நோக்கிப் புறப்பட்டு, நிலவில் இறங்கிய பின்னர் புவிக்குத் திரும்பும். நிலவின் ஈர்ப்பாற்றல் மிகவும் வலிமை குன்றி அமைவதால் நிலாப்பாதைக்குரிய சுற்றியக்கத் திசை வேகமும் சிறியனவாகவே அமையும். எனவே, இம்முறைக்கான இயக்கு பொருள் தேவையும் கணிசமான அளவு குறையும். இம்மூன்றாவது முறையானது ரஷ்யர் ஒருவரால் முதலில் எடுத்துரைக்கப்பட்ட போதிலும் ரஷ்ய அறிவியலாளர்கள் உட்பட எவரும் இதன் சாத்தியக்கூறைப் பற்றிக் கருத முன்வரவில்லை. ஆயினும் 1963 ஆம் ஆண்டில் அமெரிக்க அறிவிலாளர்கள் இம்முறையில் கருத்தைச் செலுத்தினர்; அதன் பயனாக விண்வெளிப் பயணத் துறையில் அவர்கள் ரஷ்யாவை விஞ்சி நின்றனர்.

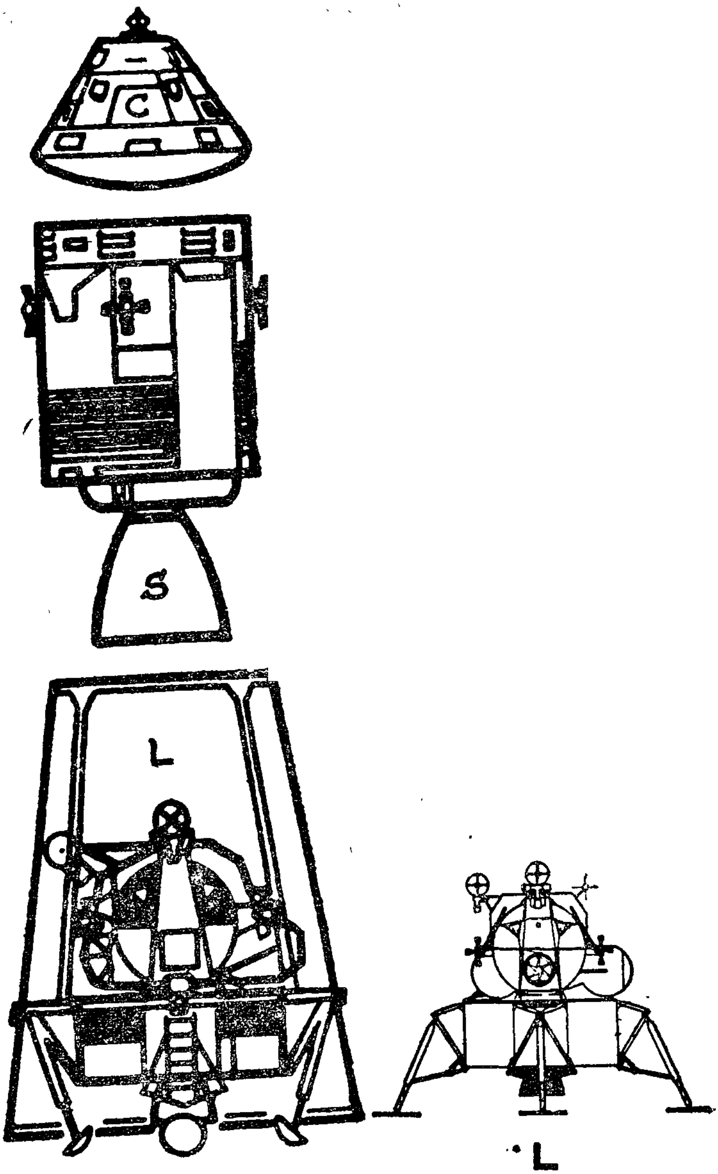
8.2.4. அப்போலோ விண்வெளிக்கலங்கள் (Apollo Spaceecrafts)

அப்போலோ விண்வெளிக்கலங்கள் நிலாப்பரப்பை நேரடியாக ஆராய்வதற்கென மனிதனை நிலவில் இறக்குவதற்காகவும் அவனை மீண்டும் பத்திரமாகப் புவிக்குக் கொண்டுவருவதற்குமென அமெரிக்கர்களால் அமைக்கப்பட்டவையாகும். அப்போலோக் கலங்கள் பொதுவாக, ஒன்றிலிருந்து ஒன்று பிரிக்கப்படுமாறு அமைந்த மூன்று பகுதிகளைக் கொண்டுள்ளன (படம் 8-11). அவையாவன:

(i) கட்டளைக்கூடம் (Command Module): இது கூம்பு வடிவில் அமைந்ததோர் அறையாகும். விண்வெளிப் பயணிகள் அவர்களது பயணத்தின் பெரும் பகுதியில் இந்த அறையிலேயே இருப்பார்கள். விண்வெளிப் பயணிகள் அழுத்த உடையேதுமின்றி 14 நாள்கள் இதனுள் வசிப்பதற்கேற்ப இதன் அகச் சூழல்கள் அமைந்திருக்கும். அப்போலோக் கலத்தின் இப்பகுதி மட்டுமே புவிக்குத் திரும்பும். அத்தகைய திரும்பு பயணத்தின் போது புவியின் வளிமண்டலத்தில் நுழைந்த பின்னர் உருவாகும் வெப்பத்தினின்றும் விண்வெளிப் பயணிகளைப் பாதுகாக்கும் வகையில் இதன் புறப்பரப்பானது வெப்பத் தடுப்புப் பூச்சு ஒன்றைக் கொண்டிருக்கும்.

(ii) பணிக்கூடம் (Service Module) : இது கட்டளைக் கூடத்தையடுத்து அமைகிறது. இது ரேடார் கருவி, குளிர்வூட்டுவதற்கான வெப்ப உமிழிகள் மற்றும் புவிப்பாதையிலிருந்து நிலாப் பாதைக்குச் சென்று திரும்புவதற்குத் தேவையான எரிபொருள் ஆகியவற்றைக் கொண்டிருக்கும், புவியின் வளிமண்டலத்தில் மீண்டும் நுழைவதற்குச் சற்று முன்னர் இது கழற்றி விடப்படும்.

(iii) நிலாக்கூடம் (Lunar Module) : இது பணிக்கூடத்தை அடுத்துள்ளது. இது, நிலாத் தரையிறங்குவதற்கென அமைந்தது. இது ஒன்றின் மேலொன்றாக அமைந்த இரு கட்டங்களைக் கொண்டுள்ளது. கீழமைந்த கட்டமானது நிலாப் பாதையினின்றும் நிலவுக்கான பயணத்திற்குப் பயன்படுகிறது. மேல் கட்டமானது இப் பயணத்தின்போது பயணிகளின் தங்கறையாகச் செயற்படுகிறது. கீழ்க் கட்டமானது அதனுடன் தளர்வாக இணைக்கப் பெற்ற மூன்று கால்களின் மீது நிலவில் மெல்லிறக்கம் செய்யும். இக்கட்டமானது மேல் கட்டத்தின்,



படம் 8-11
அப்போலோ விண்வெளிக்கலம்
C, கட்டளைக் கூடம் S, பணிக்கூடம் L, நிலாக்கூடம்

நிலாப் பாதையில் இயங்கும் பணிக்கூடத்தை நோக்கிய திரும்பு பயணத்திற்கான ஏவுதளமாகவும் செயற்படும். இது நிலாப் பரப்பிலேயே விட்டுவிடப்படும். நிலாக் கூடத்திலுள்ள பயணிகள் பணிக்கூடத்தையடைந்த பின்னர் மேல் கட்டமானது புறக்கணிக்கப்படும்.

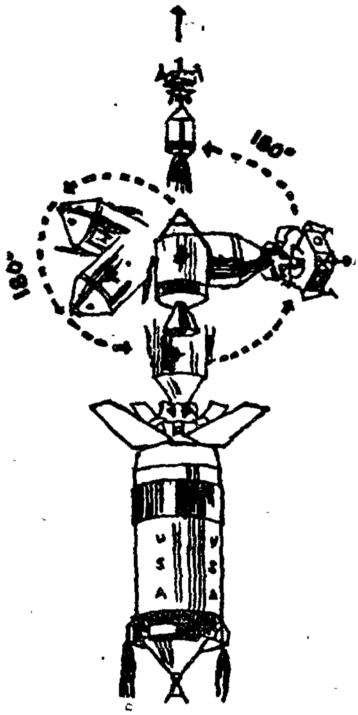
மூன்று கட்டங்களையுடைய சாட்டர்ன் V ராக்கெட் அப்போலோ கலத்தை விண்வெளியில் ஏவுகிறது. அது சுமார் 110 மீட்டர் உயரத்தையும் சுமார் 4000 மெட்ரிக் டன்கள் எடையையும் கொண்டுள்ளது.

இனி, புவியினின்றும் நிலவுக்குச் சென்று திரும்பும் பயணத்தின் வெவ்வேறு நிலைகளைக் கருதுவோம். காட்டாக, முதன் முதலாக மனிதனை நிலவுக்குக் கொண்டு சென்று திரும்பிய அப்போலோ 11 விண்வெளிக் கலத்தின் பயணத்தைக் கருதுவோம்.

சாட்டர்ன் V ராக்கெட்டின் முதல் கட்டமானது அப்போலோ கலத்தைச் சுமார் 85 கிமீ கிடைத்தளத் தொலைவில் சுமார் 65 கிமீ உயரத்திற்கு எடுத்துச் சென்றதோடு அதற்குச் சுமார் 8,500 *kmph* திசைவேகத்தையும் அளித்தது. இந்நிலையில் முதல் கட்டம் கழற்றி விடப்பட்டு இரண்டாவது கட்டம் எரியூட்டப் பெற்றது. இரண்டாவது கட்டமானது கலத்தைச் சுமார் 1400 கிமீ கிடைத் தொலைவில் சுமார் 190 கிமீ உயரத்திற்கு எடுத்துச் சென்று அதற்கு 23,700 *kmph* திசை வேகத்தை அளித்த பின்னர் கழற்றிவிடப்பட்டது. அதன் பின்னர் மூன்றாவது கட்டமானது சுமார் 2 நிமிடங்களுக்கு இயங்கி, கலத்திற்குப் புவிப்பாதை ஒன்றில் இயங்குவதற்குத் தேவையான சுற்றியக்கத்தை அளித்து அதனை அத்தகைய பாதையில் ஏவியது.

புவியைச் சுற்றி இருமுறை வலம் வந்த பின்னர் மூன்றாம் கட்டம் மீண்டும் செயற்படத் தொடங்கி நிலாப் பயணத்திற்குத் தேவையான திசையில் சுமார் 40,000 *kmph* திசை வேகத்தை அளித்தது. இத் திசை வேகமானது அப்போலோ கலம் புவியீர்ப்பு விசையினின்றும் விடுபடுவதற்குத் தேவையான திசை வேகமாகும். இதன் பின்னர்க் கட்டளைக் கூடத்தை தன்முன்னே கொண்ட பணிக்கூடம் மூன்றாம் கட்டத்தினின்றும் அகன்று 180° சுழன்று, இன்னமும் மூன்றாம் கட்டத்துடனேயே இருக்கும் நிலாக் கூடத்துடன் இணைகிறது. நிலாக்கூடத்துடன் மீண்டும் மூன்றாம் கட்டத்தினின்றும் அகன்று மீண்டும் 180° சுழன்று நிலவை நோக்கிய தன் பயணத்தைத் தொடங்குகிறது.

சாட்டர்ன் ராக்கெட்டின் மூன்றாம் கட்டம் பின்தங்கி விடுகிறது (படம் 8-12).



படம் 8-12

நிலாப் பயணத்தில் பணிக்கூடம்

சுமார் மூன்று நாள்கள் பயணம் செய்த பின்னர் அப்போலோ கலமானது நிலவின் ஈர்ப்புப் புலத்தினுள் நுழைந்து அங்கு பணிக்கூடத்துடன் இணைந்த ராக்கெட் எஞ்சினின் உதவியுடன் நிலாப் பரப்பினின்றும் 110 கிமீ உயரத்திலமைந்த நிலவுப் பாதை ஒன்றில் வலம் வரத் தொடங்கியது. நிலவில் இறங்க வேண்டிய இடத்தைத் தேர்ந்தெடுத்த பின்னர் பயணிகளுள் இருவர் நிலாக்கூடத்தில் நுழைந்தனர். நிலாக் கூடமானது பணிக்கூடத்தினின்றும் விடுபட்டு நிலவை நோக்கிய தன் பயணத்தைத் தொடங்கியது. இப்பயணத்தின்போது நிலாக் கூடமானது, அதன் எஞ்சினின் உதவியுடன், நிலாத் தரையுடன் தன் முதல் தொடர்பைப் பெறுமுன் அதன் வேகத்தை 0·9 m/s

அளவுக்குச் சிறிது சிறிதாகக் குறைத்துக் கொண்டது. அவ்வாறு முதல் தொடர்பு நிகழ்ந்தவுடன் நிலாக்கூடத்தின் எஞ்சின் நிறுத்தப்பட்டது.

நிலவுக்கு மனிதனைத் தாங்கிச் செல்வதற்கென அமைக்கப் பட்ட விண்வெளிக் கலமான அப்போலோ 11, நீல் ஆம்ஸ்ட்ராங் (Neil Armstrong), எட்வின் ஆல்ட்ரின் (Edwin Aldrin) மற்றும் மைக்கேல் காலின்ஸ் (Michael Collins) ஆகிய மூவருடன் 1969 ஆம் ஆண்டு ஜூலைத் திங்கள் 16 ஆம் நாளன்று இந்திய நேரம் இரவு 7·02 மணிக்கு கென்னடி முனையிலிருந்து தன் பயணத்தைத் தொடங்கியது. ஜூலைத் திங்கள் 21-ஆம் நாளன்று இந்திய நேரம் காலை 8·26 மணிக்கு நீல் ஆம்ஸ்ட்ராங் தனது இடது காலை நிலாத் தரையில் எடுத்து வைத்து நிலாத் தரையில் இறங்கிய முதல் மனிதனாகத் திகழ்ந்தார். நிலவில் இறங்கிய இரண்டாவது மனிதன் எட்வின் E. ஆல்ட்ரினாகும். ஆம்ஸ்ட்ராங் இறங்கிய 15 நிமிடங்களுக்குப் பின்னர் அவரும் நிலவில் இறங்கினார். மைக்கேல் காலின்ஸ் கட்டளைக்கூடத் திலேயே தங்கி நிலவை வலம் வந்து கொண்டிருந்தார்.

நிலவைப் பற்றிய ஆய்வு முடிந்த பின்னர் நிலாக்கூடத்தின் மேல் கட்டமானது பயணிகளுடன், கீழ்க் கட்டத்தை ஏவுதள மாகக் கொண்டு, நிலவினின்றும் தன் பயணத்தைத் தொடங்கி பணிக்கூடத்துடன் இணைந்தது. பயணிகள் பணிக்கூடத்தினுள் நுழைந்தவுடன் பணிக்கூடமானது நிலாக்கூடத்தினை அங்கேயே விட்டுவிட்டுப் புவியை நோக்கிய தன் பயணத்தைத் தொடங் கியது. கலமானது புவியின் வளிமண்டலத்தினுள் நுழைவ தற்குச் சற்று முன்னர் பணிக்கூடம் கழற்றிவிடப்பட்டு கட்டளைக் கூடம் மட்டும் புவியை நோக்கிய தன் பயணத்தைத் தொடர்ந் தது. புவிப்பரப்பினின்றும் சுமார் 7 கிமீ உயரத்தில் வான் குடை மிதவைகளின் உதவியுடன் தன்வேகத்தை மிகவும் குறைத்துக்கொண்டு, ஜூலைத் திங்கள் 24 ஆம் நாள் இந்திய நேரம் இரவு 10·24 மணிக்கு பசிபிக் பெருங் கடலில் இறங் கியது.

8.2.5. ஸ்கைலாப் (Skylab)

ஸ்கைலாப் என்பது புவியைச் சுற்றி இயங்கும் அமெரிக்க ஆய்வுக் கூடம் அல்லது விண்வெளி நிலையமாகும்; அதில் விண் வெளிப் பயணிகள் நீண்ட நாள்கள் தங்கியிருந்து தொழில் நுட்பத்துறை, உயிரியல்—மருத்துவத் துறை மற்றும் பொறி

படம் 8-13
சோயூஸ் இணைந்த சல்யூட்

யியல் துறை சார்ந்த பல சோதனைகளை மேற் கொள்வதற்கான வாய்ப்பு நலன்கள் உள்ளன.

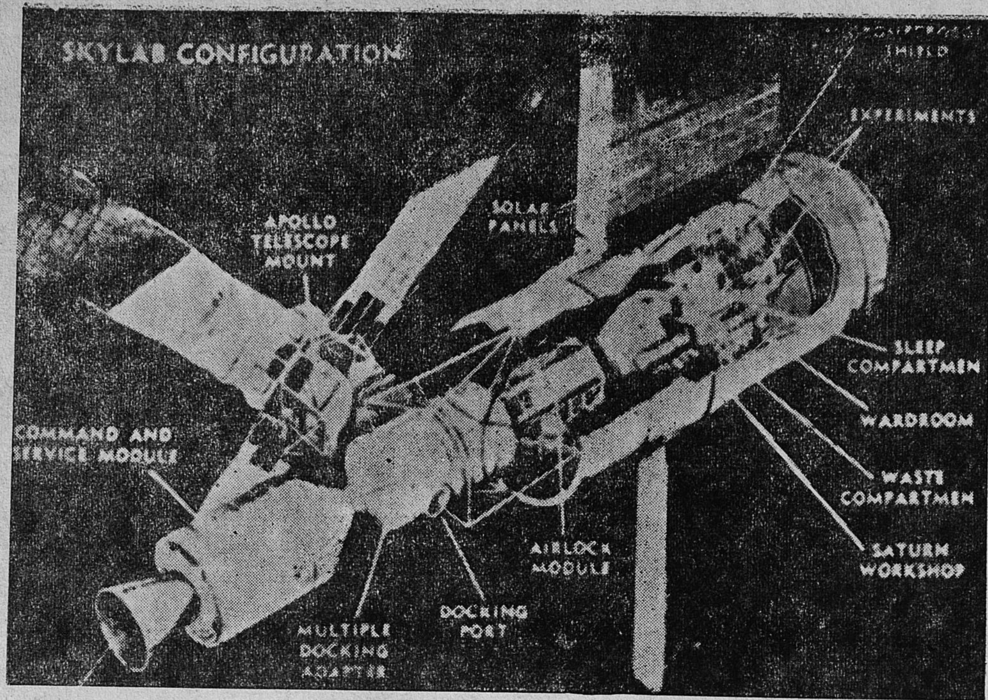
சல்யூட் (Salyut) என அழைக்கப்படும் அத்தகைய முதல் விண் வெளி நிலையம் 1971 ஆம் ஆண்டு ஏப்ரல் திங்களில் ரஷ்யாவினால் ஏவப்பட்டது.

அமெரிக்கா, **ஸ்கைலாப்** என அழைக்கப்பெறும் தனது முதல் விண்வெளி நிலையத்தை 1973-ஆம் ஆண்டு மே திங்களில் ஏவியது. இவ்விண்வெளி நிலையத்தின் பெரும்பகுதி உண் மையில் சாட்டர்ன் V ராக்கெட்டின் மூன்றாம் கட்டமேயாகும். அது சுமார் 35 கன மீட்டர்கள் உறைவிடமும் 28 டன்கள் எடையும் கொண்டுள்ளது. சாட்டர்ன் V ராக்கெட் அதனை அதன் பாதையில் ஏவியது. அது மூன்று பகுதிகளைக் கொண் டுள்ளது.

அவற்றுள் ஒரு பகுதி பயணிகளுக்கான உறைவிடமாகவும் ஆய்வுக் கூடமாகவும் செயற்பட்டது. இதன் அகவெப்ப நிலை 21°C ஆக அமைந்து, அங்கு உறையும் பயணிகள் தங்களது இயல்பான உடையிலேயே தன்னியல்புடன் இருப்பதற்கேற்ற சூழ் நிலையை அளித்தது. மேலும், பயணிகள் சூடான உணவு, துவலை நீராடல் (Shower bath), நல்லதோர் உறக்கம் போன்ற எல்லா வசதிகளையும் கூட பெற முடிந்தது.

இரண்டாவது பகுதியானது முதற் தொகுதியை இணைப்பு அறை (Adapter) ஒன்றுடன் இணைக்கும் காற்றுப் பேழை யாகும். இதனுள் காற்றழுத்தத்தைத் தேவைக்கேற்ப மாற்றிக் கொள்ள இயலும். அது, பயணிகள் தங்கள் உறைவிடமான முதற் பகுதியினின்றும் வெளியேற உதவியது. இணைப்பு அறை யானது முதல் பகுதியில் சீர்க் குலைவு ஏதும் ஏற்படுமாயின் பயணிகளுக்கான காப்பிடமாகவும் செயற்பட்டது.

அப்போலோ கலம் ஒன்றின் கட்டளைக் கூடமும் பணிக் கூடமும் மூன்றாவது பகுதியாகச் செயற்பட்டன. இணைப்பு அறையானது விண்வெளி நிலையம் மூன்றாவது பகுதியுடன் இணைவதற்குப் பயன்பட்டது. அப்போலோ கலமானது புவிக் கும் விண்வெளி நிலையத்திற்குமான இணைப்புக்கலமாகச் செயற்பட்டது. பயணிகள் இதன் துணையுடன் புவியிலிருந்து விண்வெளி நிலையத்திற்குச் சென்று திரும்பினர் (படம் 8-14).



படம் 8-14
கட்டளைக் கூடமும் பயணிக் கூடமும் இணைந்த ஸ்கைலாப்

ஸ்கைலாப் முதலில் பயணிகள் யாருமின்றி ஏவப்பட்டது. பதினோரு நாள்கள் கழித்துச் சிறிய சாட்டர்ன் ராக்கெட் ஒன்றின் மூலம் மூன்று பயணிகள் அடங்கிய குழு ஒன்று விண் வெளி நிலையத்திற்கு அனுப்பப்பட்டது (விண்வெளி நிலையம் ஏவப்பட்ட மறு நாளே - மே, 15 - இக்குழுவை அனுப்பத் திட்டமிட்டிருந்த போதிலும் நிலையத்தில் ஏற்பட்ட சில சிக்கல் களின் காரணமாக அவர்களது பயணம் மே, 25 - ஆம் நாள் வரை ஒத்திவைக்கப்பட்டது. விண்வெளி நிலையம் ஏவப்பட்ட சுமார் ஒரு நிமிட நேரத்திலேயே நிழற்குடையாகச் செயற்படு வதற்கென அமைக்கப்பட்ட அலுமினியமூட்டப் பெற்ற டெஃப் லான் தட்டி ஒன்றும் சூரிய மின்கல அடுக்கு ஒன்றும் நிலையத் தினின்றும் கழன்று சென்றுவிட்டன. இரண்டாவது சூரிய மின்கல அடுக்கோ விரிவுறாது ஒடுங்கிவிட்டது. எனவே, நிலை யத்தின் அகவெப்ப நிலையானது பெருமளவு உயர்ந்து விட்டி ருந்தது. எனவே இச்சிக்கல்களைத் தீர்ப்பதற்கான திட்டங் களை வரைந்த பின்னரே பயணிக்குழு புறப்பட்டுச் செல்ல வேண்டியிருந்தது). இக்குழுவானது முதன் முதலாக விண் வெளியில் 28 நாள்கள் தங்கி சாதனை ஒன்றை ஏற்படுத்தி யுள்ளது.

சுமார் மூன்று மாதங்களுக்குப் பின்னர் மருத்துவர்கள், தொழில் நுட்ப வல்லுநர்கள், உளநூல் வல்லுநர்கள், உயிரியல் வல்லுநர்கள் மற்றும் இயற்பியல் வல்லுநர்களடங்கிய ஒவ் வொன்றும் மூன்று உறுப்பினர்களைக் கொண்ட மேலும் இரு குழுக்கள் ஸ்கைலாப்புக்குச் சென்று திரும்பின. அவர்களுள் முதற்குழு 59 நாள்களும் இரண்டாவது குழு 85 நாள்களும் அங்கு தங்கி வெவ்வேறு துறைகளிலும் பல சோதனைகளை மேற்கொண்டனர். அவற்றுள் சில பின் வருமாறு:

(i) விண்வெளியில் சுழி ஈர்ப்பாற்றலில் அல்லது எடை யிரா நிலையில் மனிதனின் அன்றாட வாழ்க்கைப் பிரச்சினைகள். அத்தகைய நிலையில் மிக எளிய பணிகளைக்கூடச் செய்வது கடினமாக இருந்தது. காட்டாக, பயணிகள் உணவு கொள்ள முயன்ற போது இலேசாகத் தொட்டபோதும் கரண்டிகளும் கத்திகளும் பறந்து சென்றன; ரொட்டித் துண்டுகள் கையை விட்டுப் பறந்துசென்றன; உப்புத்தூள் எங்கும் சிதறியது; நிலையத்தினுள் அழுத்தம் குறைவாக இருந்ததால் பேசுவது கடினமாக இருந்தது.

(ii) சுழி ஈர்ப்பாற்றல் மற்றும் வெளியிடத்தின் அமைதி ஆகியவற்றை நீண்ட நாள்களுக்கு எதிர்த்து நிற்பதற்கான மனி

…னின் திறமை: இருதயம் மெதுவாக இயங்குவதும் கீழுறுப்புக் களுக்குத் திறம்பட இரத்தத்தைச் செலுத்தாததும் மருத்து வர்கள் கண்ட உண்மைகளுள் ஒன்றாகும். இதன் பயனா கவும், உடற்பயிற்சிப் பற்றாக் குறையாலும் உடற்சுருக்கம் ஏற் பட்டது.

(iii) கதிரவப்புள்ளிகள், கதிரவக்கிளரொளிகள் போன்ற வானியல் நிகழ்ச்சிகளையும் புவியின் வளிமண்டலத்தால் மறைக்கப் பட்ட விண்மீன்களைப் பற்றியும் ஆராய்தல்: இந்த ஆய்வுகள் கள் புவியின் வளிமண்டலத்திற்குப் புறத்தேயிருந்து செய்யப் பெற்றதால் ஆய்வாளர்கள் அந்நிகழ்ச்சிகளை இதுவரையில் செய்யாத அளவுக்கு மிகத் தெளிவாகவும் மிகவும் விரிவாகவும் ஆராய முடிந்தது. மூன்றாவது குழுவைச் சேர்ந்தவர்கள் கொஹெட்டெக் (Kohoutek) வால்மீனின் (Comet) உருக்குலை யாத தோற்றத்தைத் காணக்கூடிய நல்வாய்ப்பைப் பெற்றனர். வால்மீன்களின் வாயுக்களிலடங்கிய தாய்மூலக்கூறுகளை இன மறியவும், அம்மூலக்கூறுகள் சிதைவதற்குக் காரணமாயமையும் நிகழ்ச்சியைப்பற்றி அறியவும், அவ்வாயுக்களில் ஹீலியம், டியூட் ரியம், மூலக்கூறியல் ஹைட்ரஜன் மற்றும் பிற பொருள்களைத் தேட்டையிடவும் அத்தகைய காட்சி பெரிதும் துணைபுரிகிறது.

(iv) புவிசார் ஆய்வகங்களில் பெறமுடியாத, உயர்ந்த அளவு வெற்றிடம் அமைந்த விண்வெளியில் உலோகங்களை வெட்டுதல், வார்ப்பிடல் மற்றும் பற்றவைத்தல் ஆகிய பணிகளை மேற் கொள்ளுதல்.

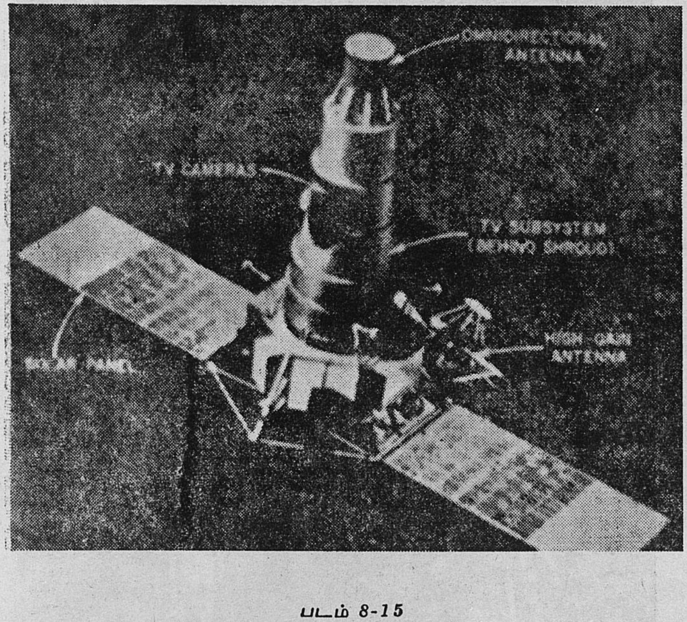
ஸ்கைலாப் சோதனைகளைத் திட்டமிடுவதில் மாண வர்களையும் பங்குபெறச் செய்தது மகிழ்ச்சிக்குரியதொரு செய் கையாகும். சுழி ஈர்பாற்றலில் சிலந்தி ஒன்று தன் வலையைப் பின்னுவதில் அதற்குள்ள திறமையைப் பற்றிய ஆய்வும், சுமார் மூன்று மில்லிமீட்டர் அளவிலான துளைகளுள் அடுத்தடுத்து மெல்லிய கோல் ஒன்றை நுழைப்பதில் மனிதனின் திறமையைப் பற்றிய ஆய்வும் மாணவர்களால் திட்டமிடப்பட்ட அறிவார்ந்த சோதனைகளுள் சிலவாகும்.

8.2.6. விண்வெளி நுண்ணாய்வி (Space Probe)

விண்வெளி நுண்ணாய்வி என்பது புவியின் ஈர்ப்புப் புலத்தி லிருந்து விடுபட்டுச் செல்வதற்கேற்ப விடுபடு திசைவேகத்துடன் ஏவப்படும் ஆளில்லா விண்வெளிக் கலமாகும்; அது விண்வெளி

பற்றிய, ஒளிப்படங்கள் உள்ளிட்ட பல குறிப்புகளைச் சேகரித்துப் புவிக்கு அனுப்புவதற்கான கருவிகளைத் தன்னகத்தே கொண்டிருக்கும்.

நிலவை நோக்கிச் செலுத்தப்பட்ட லூனிக் I (Lunik I) என்ற கலமே முதல் விண்வெளி நுண்ணாய்வி எனக்கூறலாம். பிற கோள்களை நோக்கி ஏவப்பெற்ற பல விண்வெளி நுண்ணாய்விகளுள் *1960* ஆம் ஆண்டு மார்ச்சுத் திங்களில் 'விடிவெள்ளி' எனக் கூறப்படும் சுக்கிரக் கோளினை நோக்கி அமெரிக்காவினால் ஏவப்பெற்ற பயனிர் V (Pioneer V) என்பதே முதலாவ

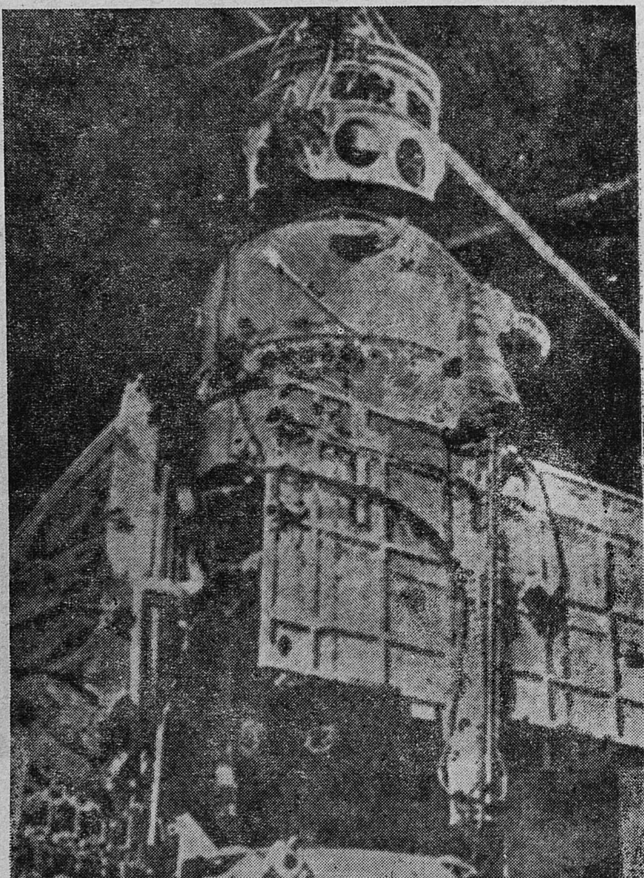


படம் 8-15

வாயேஜர் II

தாகும். *1962* மாரினர் I, மாரினர் II என்ற கலங்களையும் *1967*-ல் மாரினர் V என்ற கலத்தையும் அமெரிக்கா சுக்கிரனை நோக்கி ஏவியது. இக்கலங்கள் யாவும் வழிப்போகு நுண்ணாய்வி (Flyby Probe)களாகும். இவை, கோள்களில் இறங்காமல் அவற்றிற்கு அருகே சென்று அங்கிருந்து பெற்ற குறிப்புகளை அனுப்புவதற்கென அமைக்கப்பட்டவையாகும். *1961* ஆம்

ஆண்டிலிருந்து ரஷ்யாவினால் ஏவப்பட்ட வெனிரா வகை நுண்ணாய்விகளும் (Venera Series Probes) (வெனிரா I முதல் X வரை) சுக்கிரனை நோக்கியே செலுத்தப்பட்டன.



படம் 8-16
வெனிரா IV

வெனிரா IV முதல் வெனிரா X வரையிலான கலங்கள் சுக்கிரனில் மெல்லிறக்கம் செய்தன. வெனிரா IX சுக்கிரப்பரப்பின்

முதல் ஒளிப்படத்தைப் புவிக்கு அனுப்பியது. இந்த நுண்ணாய்விகள் விண்வெளியிலிருந்து சுக்கிரப்பரப்புவரை சுக்கிர வளிமண்டலத்தின் பல்வேறு பகுதிகளையும் சுக்கிரனையும் ஆராய்ந்து, சுக்கிர வளிமண்டலத்தின் வெப்பநிலை மற்றும் ஆக்க அமைவைப் பற்றியும் சுக்கிரனின் காந்தப் புலத்தைப் பற்றியும் பல நூற்றாண்டுகளில் கூட வானியலாளர்களால் பெற முடியாத அத்துணைக் குறிப்புகளை அளித்துள்ளன.

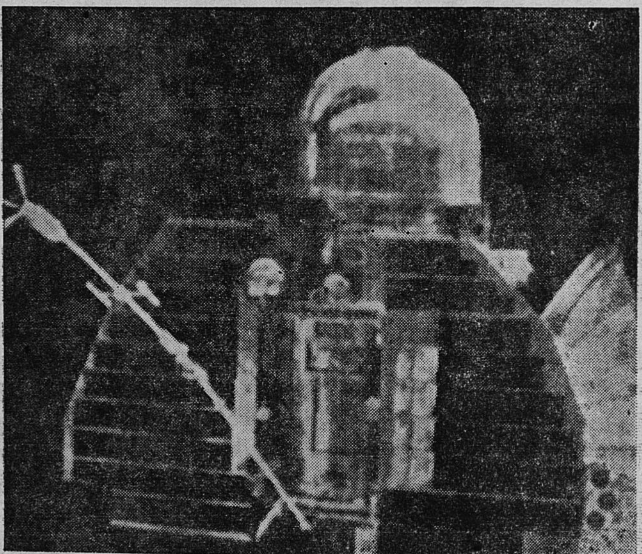
1977 ஆம் ஆண்டு ஆகஸ்டு திங்கள் 20 ஆம் நாளன்று அமெரிக்காவினால் ஏவப்பெற்ற **வாயேஜர் II** (Voyager II) என்ற விண்வெளி நுண்ணாய்வியானது பரந்த செயல்நோக்குடையதாகும். அதன் கருவிகள் யாவும் பிழையின்றி இயங்குமாயின் அது தன் நெப்ட்யூனை நோக்கிய பயணத்தில் 1979ல் வியாழனையும், 1981ல் சனியையும், 1986ல் யுரேனஸையும் அடைந்த பின்னர் இறுதியாக 1990ல் நெப்ட்யூனைச் சென்றடையும்.

8.2.7. செவ்வாய் நுண்ணாய்வி (Mars Probe)

விண்வெளி நுண்ணாய்விகள் செவ்வாய்க் கோளுக்கும் அனுப்பப்பட்டன. செவ்வாயில் உயிரினங்கள் இருக்கக்கூடும் என நீண்ட நாள்களாகவே வானியல் வல்லுநர்கள் கருதிவந்துள்ளனர். எனவே இவ்வகையில் செவ்வாயைப்பற்றிய ஆய்வு கருத்தைக் கவர்வதாகும். 1962ஆம் ஆண்டிலிருந்து ரஷ்ய நாட்டு வல்லுநர்கள் செவ்வாய் நுண்ணாய்விகளை ஏவிவந்துள்ளனர். அமெரிக்க வல்லுநர்கள் 1964-ல் **மாரினர் III, மாரினர் IV** என்ற செவ்வாய் நுண்ணாய்விகளைச் செலுத்தினர். அவை வழிப்போகு (fly-by) நுண்ணாய்விகளாகும். ஆயினும் அவை செவ்வாய்க் கோளைப் பற்றிய பல அறிவியற்குறிப்புக்களைச் சேகரித்தன. மாரினர் IV செவ்வாய்ப் பரப்பிற்கு 9850 கிமீ வரை நெருங்கிச் சென்று அதனைப் படமெடுத்து அனுப்பியது.

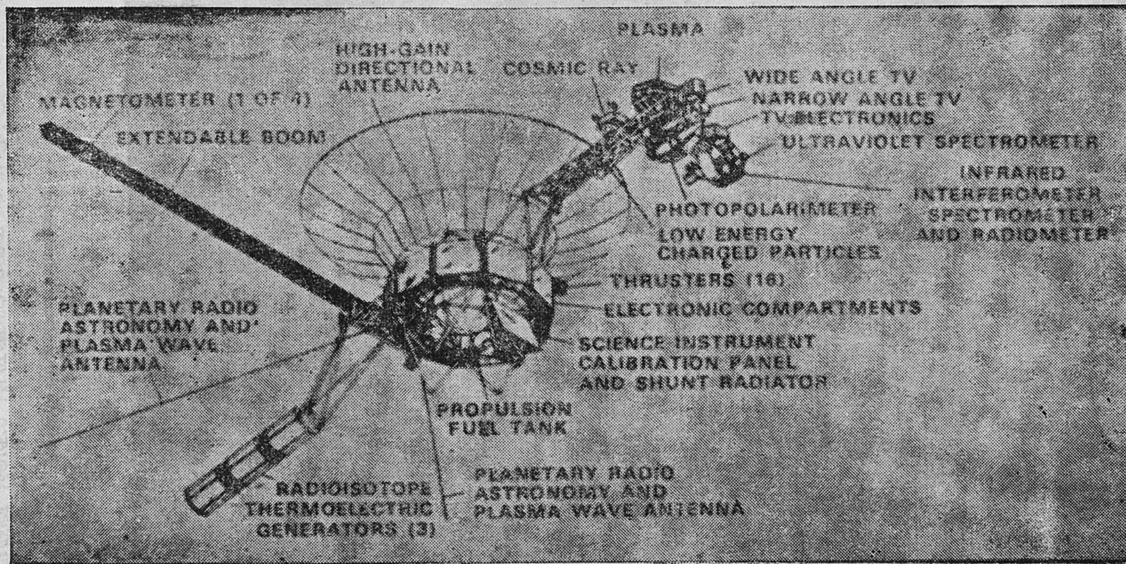
1975-ல் அமெரிக்கா **வைக்கிங் I, வைக்கிங் II** என்ற மேலுமிரு நுண்ணாய்விகளைச் செவ்வாயை நோக்கிச் செலுத்தியது. அவை இரண்டும் வலம்வரு- தரையிறங்கு (Orbit Lander) வகைக் கலங்களாகும். அதாவது, அவை கோளை வலம் வருவதோடு அதன்மீது, கருவிகளடங்கிய தரையிறங்கு கூண்டு ஒன்றைத் தரையிறக்கவும் செய்யும். 1975-ம் ஆண்டு ஆகஸ்டு திங்கள் 20-ஆம் நாள் ஏவப்பட்ட வைக்கிங் I,

செவ்வாயில் கிரிஸ் சமவெளிக்கு (Plains of Chryse) வட மேற்கில் ஓரளவு சமதளமாக அமைந்த ஓரிடத்தில் 1976 ஆம் ஆண்டு ஜூலைத்திங்கள் 20 ஆம் நாள் தரையிறங்கியது. வைக்கிங் II, 1975 ஆம் ஆண்டு செப்டம்பர் திங்கள் 3 ஆம் நாளன்று வைக்கிங் I தரையிறங்கிய இடத்திலிருந்து சுமார் 1800 கிமீ வடமேற்கிலமைந்த உட்டோப்பியாச் சமவெளிகளில் (Utopia Plains) தரை இறங்கியது.



படம் 8-17
செவ்வாய் நுண்ணாய்வி 1 (ரஷ்யா)

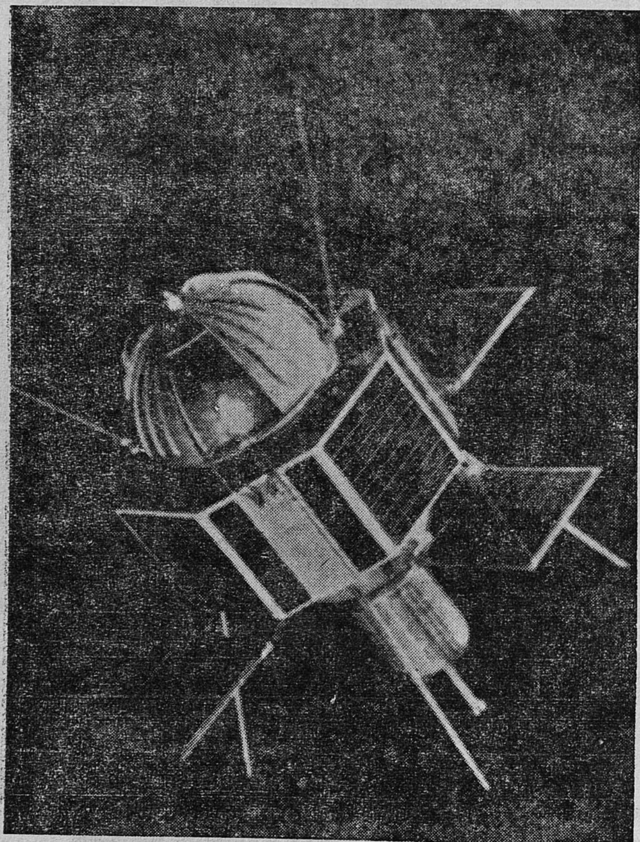
இவ்விரண்டு தரையிறங்கு கலங்களும் செல்வாய்ப்பரப்பின் வெவ்வேறு பகுதிகளின் வெப்பவியல் அமைப்பையும் நீராவி அளவையும் ஆராய்ந்தன. கருவிக் கூண்டானது செவ்வாய் வளி மண்டலத்தின் வழியே இறங்கும்போது அவ்வளிமண்டலத்தின் ஆக்கக் கூறுகளைப் பற்றியும் உயரத்தைப் பொறுத்த அழுத்த மாறுபாடுகள் போன்ற வளிமண்டல அமைப்பைப் பற்றியும் ஆராய்ந்தது. மிக முக்கியமான சோதனைகள் தரையிறங்கு கூண்டானது செவ்வாய் தரையில் இறங்கிய பின்னரே மேற்கொள்ளப்பட்டன, செவ்வாய்ப் பரப்பை படமெடுத்தல்,



படம் 8-18

வாயேஜர் II

செவ்வாய் மண்ணைப் பற்றிய வேதியியல் மற்றும் உயிரியல் ஆய்வு கள் ஆகியவை அவற்றுள் சில சோதனைகளாகும். அம்மண்ணின் இயற்பியல் மற்றும் காந்தவியல் பண்புகளும் ஆராயப்பட்டன. வானிலை ஆய்வுக்கூடம் ஒன்றில் அழுத்தம், வெப்பநிலை, ஈரப்



படம் 8-19
காஸ்மாஸ் தொடர் விண்கலம்

பதன், காற்றின் வேகம் போன்றவற்றை அளவிட்டு, அங்குள்ள வானிலையைப்பற்றி ஆராயப்பட்டது. செவ்வாய் நில அதிர்வு களைக் (Mars quakes) கண்டுணர்வதற்கென தரையிறங்கு

கூண்டின் கால்கள் ஒன்றுடன் நிலஅதிர்வுமானி (Seismo-meter) ஒன்றும் பொறுத்தப்பட்டிருந்தது; இதனின்றும் அக் கோளின் உள்ளமைப்பைப் பற்றியும் அறியமுடியும். செவ்வாய்ப் பரப்பின் ஒளிப் படங்களிலிருந்து அங்கு மூவகைப் பாறைகள் இருப்பதாகத் தெரியவந்துள்ளது. அவையாவன (i) வழுவழுப் பற்றதும் நேர்த்தியான அமைப்பைக் கொண்டதுமான பாறைகள்; (ii) வழு வழுப்பான இளவண்ணமுடைய பாறைகள்; (iii) உட்புழையுடைய பாறைகள்.

செவ்வாய் மண்ணைப்பற்றிய வேதியியல் ஆய்வுகள் அம் மண்ணில் இரும்பு, கால்ஷியம், அலுமினியம், சிலிகான் மற்றும் கந்தகம் ஆகிய தனிமங்கள் பெருமளவில் இருப்பதையும் அங்குள்ள பாறைகள், சிலிகேட்டுகள், ஆக்ஸைடுகள் மற்றும் நீரேற்ற சல்ஃபேட்டுகள் (Hydrated sulphates) ஆகியவற்றால் ஆனவை எனவும் அறிவிக்கின்றன.

அம்மண்ணில் நுண்ணுயிர்களும் கரிமச் சேர்மங்களும் இருப்பின் அவற்றைக் கண்டுணரும் நோக்குடன் உயிரியல் சோதனைகள் மேற் கொள்ளப்பட்டன. அத்தகைய சோதனைகள், செவ்வாயில் கடந்த காலத்தில் உயிரினங்கள் இருந்திருக்கக் கூடியதற்கான சான்றுகளை அளிக்கும். முதல் நோக்கில் எல்லாச் சாதனைகளும் ஏதோவோர் உயிரின வகையைக் குறித்துக் காட்டியபோதிலும் பின்னர் காணப்பட்ட விளக்கங்கள் எதிரிடை முடிவுகளுக்கே வழிவகுத்தன. ஆயினும் வைக்கிங்குகளின் விரிவான பணித்திட்டத்தில் இத்துறையில் மேலும் பல சோதனைகள் மேற்கொள்ளப்படும். மேலும், இச் சோதனைகள் செவ்வாய்ப் பரப்பில் இரு இடங்களிலிருந்து மட்டும் பெறப்பட்ட மண் மாதிரிகளைக் கொண்டு செய்யப்பட்டுள்ளன. எனவே, செவ் வாய்த் தூசுப்படலங்களை (Martian dust clouds)ப் (இப் படலங்கள் செவ்வாய்ப் பரப்பின் பரவலான மண்மாதிரியைக் கொண்டிருக்கக்கூடும்) பற்றிய நிறமாலையியல் ஆய்வுகளும் மேலும் நுட்பமான ஆய்வுகளும் சிக்கலான கரிமமூலக்கூறுகள் மற்றும் தொடக்ககால உயிரின வகைகள் பற்றிய வினாவுக்கு விடையளிக்கக் கூடும் என இன்னமும் நம்பப்படுகிறது.

வினாக்கள்

I. பின்வரும் வினாக்களுக்குரிய சரியான விடையை அதற்கென அமைந்த அமைப்புக் குறிகளுள் குறித்துக்காட்டுக.

1. ராக்கெட்டின் தத்துவம்

   a. நியூட்டனின் மூன்றாவது இயக்கவியல் விதியை அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ளது.

   b. நியூட்டனின் ஈர்ப்பியல் விதியை அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ளது.

   c. ஆற்றல் அழிவின்மை விதியை அடிப்படையாகக் கொண்டுள்ளது. ( )

2. ராக்கெட் ஒன்றின் மீதான உந்த அழுக்கமானது

   a. ஓரலகுக் காலத்தில் வெளியேற்றப்படும் வாயுக்களின் நிறைக்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது.

   b. ஓரலகு நிறைகொண்ட வாயு வெளியேறுவதற்கான காலத்திற்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது.

   c. வெளியேறு திசைவேகத்தின் தலைகீழ் மதிப்புக்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது. ( )

3. ராக்கெட் ஒன்றின் தன்தாக்கு

   a. ஓரலகுக் காலத்தில் வெளியேற்றப்படும் வாயுக்களின் நிறையின் தலைகீழ் மதிப்புக்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும்.

   b. ஓரலகுத் காலத்தில் வெளியேறும் வாயுக்களின் நிறைக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும்.

   c. மொத்த உந்தத்தின் தலைகீழ் மதிப்புக்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும். ( )

4. G-ன் மதிப்பு

   a. $6 \cdot 76 \times 10^{11}\ m^2/kg.s^2$

   b. $6 \cdot 76 \times 10^{-11}\ m^2/kg.s^2$

   c. $6 \cdot 76 \times 10^{-11}\ m^2/kg.s$ ( )

5. துணைக்கோளொன்று புவியை வலம் வருவது

   a. அதற்குத் தேவையான ஆற்றலைச் சூரியனி லிருந்து பெறுவதால்.

b. அதற்குத் தேவையான ஆற்றலை அதனுடன் இணைக்கப்பெற்ற ராக்கெட்டுகளிலிருந்து பெறுவதால்.

c. புவியின் ஈர்ப்பு விசையின் ஆட்சியால். ( )

6. r என்ற ஆரங்கொண்ட சுற்றுப்பாதை ஒன்றின் வழியே இயங்கும் புவித்துணைக்கோளொன்றின் சுற்றியக்கத் திசைவேகமானது

a. புவியாரத்தின் இருமடி மூலத்திற்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது.

b. புவியாரத்தின் இருமடியின் தலைகீழ் மதிப்புக்கு நேர் விகிதத்திலுள்ளது.

c. புவியாரத்தின் இருமடி மூலத்தின் தலைகீழ் மதிப்புக்கு நேர்விகிதத்திலுள்ளது. ( )

7. பின்வருவனவற்றுள் உள்ள ஒரேயொரு சரியான கூற்றைக் குறிப்பிடுக.

a. விடுபடு திசைவேகமானது சுற்றியக்கத் திசைவேகத்தின் இருமடி மூலத்தைப் போல் இருமடங்காகும்.

b. சுற்றியக்கத் திசைவேகமானது விடுபடு திசைவேகத்தின் $\sqrt{2}$ மடங்காகும்.

c. விடுபடு திசைவேகத்தின் இருமடியானது சுற்றியக்கத் திசைவேகத்தின் இருமடியைப்போல் இருமடங்காகும்.

8. புவிக்கான விடுபடு திசைவேகம்

a. 11·19 m/s. b. 11·19 km/s. c. 11·19 kmph. ( )

9. SITE திட்டத்திற்குப் பயன்படுத்தப்பட்ட துணைக்கோள்.

a. சின்காம் 2, b. சிம்ஃபொனி c. ATS 6 ( )

10. லாண்சாட்டுகள்

a. புவிப்பெருநில அளவீட்டுத் துணைக்கோள்கள்.

b. வழிநடத்து துணைக்கோள்கள்.

c. புவிவள ஆய்வுத் துணைக்கோள்கள். ( )

11. புவிப்பெருநில அளவீட்டிற்கெனவே ஏவப்பட்ட துணைக்கோள்

a. லாண்சாட்.

b. அன்னா I B.

c. எக்ஸ்ப்ளோரர் 22. ( )

12. நிம்பஸ் துணைக்கோள்கள்

a. செய்தித்தொடர்பு துணைக்கோள்கள்.

b. கடலாய்வுத் துணைக்கோள்கள்.

c. வானிலையாய்வுத் துணைக்கோள்கள். ( )

13. ஆர்யபட்டாவின் சுற்றுக்காலம், சுமாராக.

a. 9·6 மணிகள் b. $1\frac{1}{2}$ மணிகள் c. 46 மணிகள் ( )

14. நிலவில் மெல்லிறக்கம் செய்த முதல் விண்வெளிக் கலம்

a. லூனிக் 9 b. லூனா 9 c. சர்வேயர் 1 ( )

15. நிலவிற்கு மனிதனை ஏந்திச் சென்ற முதல் விண் வெளிக்கலம்

a. அப்போலோ 9

b. அப்போலோ 11

c. வைக்கிங் I ( )

16. நிலவில் இறங்கிய முதல் மனிதன்

a. நீல் ஆல்ட்ரின்

b. எட்வின் காலின்ஸ்

c. நீல் ஆம்ஸ்ட்ராங். ( )

17. முதல் விண்வெளி நுண்ணாய்வி

a. லூனிக் 1 b. கொஹெட்டெக் c. லூனா 1. ( )

18. முதல் கோளிடை விண்வெளி நுண்ணுய்வி

a. வெனிரா I b. பயனீர் II c. பயனீர் V. ( )

19. சுக்கிரனில் மெல்லிறக்கம் செய்த முதல் விண்வெளிக் கலம்

a. வெனிரா 4 b. வைக்கிங் 1 c. பயனீர் V. ( )

II. பின்வரும் கூற்றுகள் மெய்யா, பொய்யா எனக் குறிப்பிடுக.

20. துணைக்கோளொன்று $\sqrt{2V_0}$-ஐவிடக் குறைவான வேகத்துடன் ஏவப்படுமாயின் அது நீள்வட்டப் பாதையில் இயங்கும்.

21. துணைக் கோளொன்றின் செலுத்து திசைவேகமானது சுற்றியக்கத் திசைவேகத்திற்குச் சிறிதும் பிறழாமல் சமமாக இருப்பின் சுற்றுப்பாதை சரியான வட்டமாக அமையும்.

22. துணைக்கோள் ஒன்று ஏவப்படும்போது ஏவுதள மானது நில நடுக்கோட்டிற்கு அருகிலும், துணைக் கோளின் இயக்கத் திசையானது புவிச் சுழற்சியின் அதே திசையிலும் அமையுமாயின் இயக்கு பொருளை சிக்கனப்படுத்தலாம்.

23. சூரியன் மற்றும் சந்திரன் ஆகியவற்றின் ஈர்ப்பு விசை யானது புவிப்பரப்பினின்றும் சுமார் 100 கிமீ தொலைவில் புவியைச் சுற்றும் துணைக்கோளொன் றின் சுற்றுப்பாதையின் நிலைப்பாடின்மைக்கு முக்கியக் காரணமாகும்.

24. துணைக்கோள்மீது வளிமண்டல இழுப்பு செயற்படு வதால் அதன் சுற்றுப்பாதைத் தளம் சுழற்றப்படும்.

25. புவிக்கான விடுபடு திசைவேகம் நிலவுக்கான விடுபடு திசை வேகத்தைவிட அதிகம்.

26. ஆர்யபட்டா அதற்குத் தேவையான மின்திறனை அணு உலைகளிலிருந்து பெற்றது.

27. ஆர்யபட்டா ஸ்ரீஹரி கோட்டாவிலுள்ள SHAR நிலையத்தினின்றும் ஏவப்பட்டது.

28. வைக்கிங் I செவ்வாயில் கிரிஸ் சமவெளியில் தரையிறங்கியது.

29. வாயேஜர் II புதன்கோளை 1990-ல் அடையும்.

III. பின்வருவனவற்றுள் (30—39) கோடிட்ட இடங்களை நிரப்புக.

30. இன்டல் சாட் என்பது ——— ——— ——— என்பதன் சுருக்கமாகும்.

31. ATS என்பது ——— ——— ——— ——— என்பதன் சுருக்கமாகும்.

32. ERTS என்பது ——— ——— ——— ——— என்பதன் சுருக்கமாகும்.

33. SITE என்பது ——— ——— ——— ——— ——— என்பதன் சுருக்கமாகும்.

34. ட்ரான்சிட் துணைக்கோள்கள் ——————— —— துணைக்கோள்களாகும்.

35. கடலாய்வுத் துணைக்கோள்கள் ——— ——— ——— ——— ——— பற்றிய ஆய்வில் பயன் படுகின்றன.

36. ஆர்யபட்டா ——— ——— வடிவைக் கொண்டுள்ளது.

37. முதல் விண்வெளி நிலையம் ——————— ஆகும்.

38. வைக்கிங் II செவ்வாயில் ——————— சமவெளியில் தரையிறங்கியது.

39. வைக்கிங் I, வைக்கிங் II ஆகியவை ——————— நுண்ணாய்விகளாகும்.

V பின்வரும் வினாக்களுக்கு விடையளி:

40. ராக்கெட்டின் செயல்திறம் என்றால் என்ன?

41. ராக்கெட் ஒன்றின் தூம்பு வாயின் பணியை விளக்குக.

42. துணைக்கோள் என்றால் என்ன?

43. துணைக்கோளொன்றின் சுற்றியக்கத் திசைவேகத்தை வரையறுத்துக் கூறுக.

44. விடுபடு திசை வேகத்திற்கான கோவையைப் பெறுக.

45. விடுபடு திசைவேகத்தை வரையறுத்துக் கூறுக.

46. துணைக்கோளொன்றை ஏவுவதற்கான சிக்கன் முறையொன்றை விளக்குக.

47. துணைக்கோளொன்றை ஏவுவதற்குப் பலகட்ட ராக்கெட் ஒன்றைப் பயன்படுத்துவது ஏன்?

48. துணைக்கோள் ஒன்றின் சுற்றுப்பாதையின் நிலைப்பாடின்மைக்கான காரணங்களைக் கூறுக.

49. ஏதேனும் மூன்று வகைத் துணைக்கோள்களை எடுத்துக் காட்டுகளுடன் கூறுக.

50. இருவகைச் செய்தித் தொடர்புத் துணைக்கோள்கள் யாவை?

51. புவிப் பெருநில அளவீடு என்றால் என்ன? துணைக்கோள் ஒன்றின் உதவியால் செய்யப் பெற்ற அத்தகைய அளவீட்டிலிருந்து அறியப்படுவது யாது?

52. TIROS என்பவை யாவை?

53. ஆர்ய பட்டாவுக்கென அமைக்கப்பட்ட சோதனைகளைப் பற்றிச் சுருக்கமாகக் கூறுக.

54. ஆர்யபட்டாவின் சிறப்பியல்புகளுள் சிலவற்றைக் கூறுக.

55. விண்வெளி நிலையம் என்றால் என்ன?

56. ஸ்கைலாபின் வெவ்வேறு பகுதிகளைச் சுருக்கமாக விளக்குக.

57. விண்வெளி நுண்ணாய்வி என்றால் என்ன?

58. வழிப்போகு விண்வெளி நுண்ணாய்வி என்றால் என்ன?

59. புவிப்பரப்பினின்றும் *h* உயரத்தில் அமையப்பெற்ற சுற்றுப்பாதையில் இயங்கும் துணைக்கோளொன்றின் சுற்றியக்கத் திசைவேகத்திற்கான கோவையைப் பெறுக.

60. அப்போலோ கலத்தின் வெவ்வேறு பகுதிகளையும் அவற்றின் பணிகளையும் விளக்குக.

61. அப்போலோ 11-ன் நிலவுப் பயணத்தைச் சுருக்கமாக விளக்குக.

62. ஸ்கைலாபின் நோக்கங்களையும் சாதனைகளையும் பற்றிக் கூறுக.

63. வைக்கிங்குகளால் மேற்கொள்ளப்பட்ட சோதனைகளைப் பற்றியும் அவற்றின் முடிவுகளைப் பற்றியும் சுருக்கமாகக் கூறுக.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

கற்க கசடற