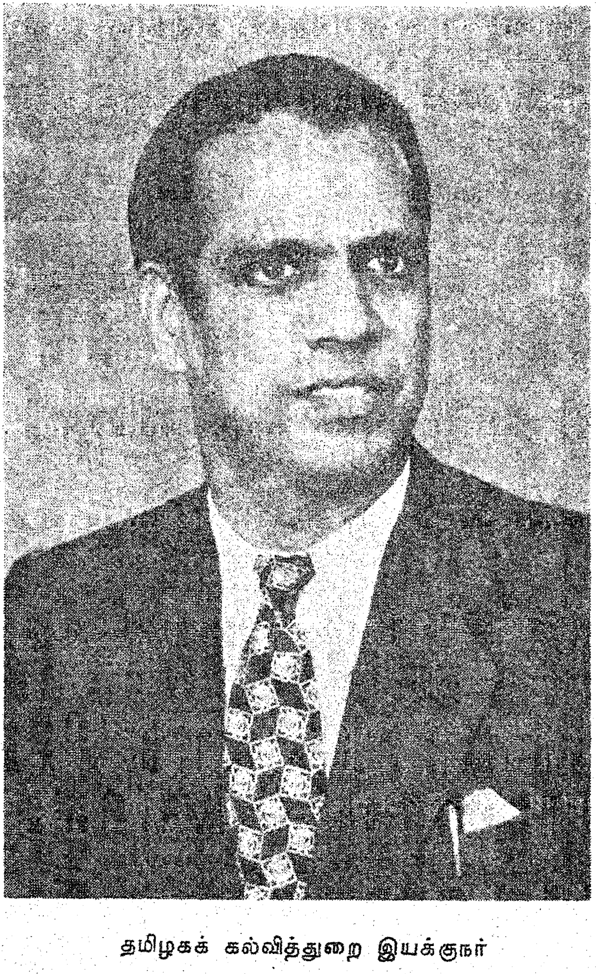


தமிழகக் கல்வித்துறை இயக்குநர்

திரு. நெ. து. சுந்தரவடிவேலு, எம்.ஏ., எல்.டி.

உலகளாவிய பொதுக் கள உரிமம் (CC0 1.0)

இது சட்ட ஏற்புடைய உரிமத்தின் சுருக்கம் மட்டுமே. முழு உரையை https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/legalcode என்ற முகவரியில் காணலாம்.

பதிப்புரிமை அற்றது

இந்த ஆக்கத்துடன் தொடர்புடையவர்கள், உலகளாவிய பொதுப் பயன்பாட்டுக்கு என பதிப்புரிமைச் சட்டத்துக்கு உட்பட்டு, தங்கள் அனைத்துப் பதிப்புரிமைகளையும் விடுவித்துள்ளனர்.

நீங்கள் இவ்வாக்கத்தைப் படியெடுக்கலாம்; மேம்படுத்தலாம்; பகிரலாம்; வேறு கலை வடிவமாக மாற்றலாம்; வணிகப் பயன்களும் அடையலாம். இவற்றுக்கு நீங்கள் ஒப்புதல் ஏதும் கோரத் தேவையில்லை.

***

இது, உலகத் தமிழ் விக்கியூடகச் சமூகமும் (https://ta.wikisource.org), தமிழ் இணையக் கல்விக் கழகமும் (http://tamilvu.org) இணைந்த கூட்டுமுயற்சியில், பதிவேற்றிய நூல்களில் ஒன்று. இக்கூட்டுமுயற்சியைப் பற்றி, https://ta.wikisource.org/s/4kx என்ற முகவரியில் விரிவாகக் காணலாம்.

Universal (CC0 1.0) Public Domain Dedication

This is a human-readable summary of the legal code found at https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/legalcode

No Copyright

The person who associated a work with this deed has **dedicated** the work to the public domain by waiving all of his or her rights to the work worldwide under copyright law, including all related and neighboring rights, to the extent allowed by law.

You can copy, modify, distribute and perform the work, even for commercial purposes, all without asking permission.

***

This book is uploaded as part of the collaboration between Global Tamil Wikimedia Community (https://ta.wikisource.org) and Tamil Virtual Academy (http://tamilvu.org). More details about this collaboration can be found at https://ta.wikisource.org/s/4kx.

நல்லப்ப ரெட்டியார் சுப்பு ரெட்.

© 1963 THE SOUTH INDIA SAIVA SIDDHANTA WORKS
PUBLISHING SOCIETY, TINNEVELLY, LIMITED.

Ed 1 July 1963

C9B2
K3

ATHISAYA MINNANU

Appar Achakam, Madras - 1.

பதிப்புரை

உலக முன்னேற்றத்திற்கு அறிவியல் மிகமிக இன்றியமை ாதது. பல துறைகளாகப் பரந்து காணப்படும் இவ் அறிவியலுள ன் ஆற்றல் மற்றெல்லாத் துறைகட்கும் அடிப்படையாய் மைந்துள்ளது. இற்றைநாள் அறிவியல் துறையில் மின் ஆற்றல் வாத துறையே இல்லையெனலாம்.

இத்தகைய மாபெரும் ஆற்றலை மனிதனின் அறிவாற்றல் டிமைப்படுத்தி உலக முன்னேற்றத்திற்கு இன்றியமையாத வலைக்காரனாகவே ஆக்கிவிட்டது. மனிதனின் அன்றாட வாழ்க்கை முதல் அவன் வானுலகைத் துருவித் துருவி ஆராய்வது வரை மின் அணுவின் ஆற்றல் எப்படியெப்படியெல்லாம் பயன் டுகின்றது என்பதை விளக்குவதுதான் "அதிசய மின்னணு" ன்னும் இந்நூல். அணுவின் உட்கருபற்றிய ஆராய்ச்சி முதல், ரிந்துகொண்டே போகும் இன்றைய அறிவியல் உலகம் பற்றிய ய்திகள்வரை பதினொரு தலைப்புக்களில் அழகுபடச் சுருங்கச் சொல்லி விளங்க வைக்கிறார் இந்நூலாசிரியர். ஆங்காங்கே அ க்கப் படங்களும் தரப்பட்டுள்ளன. பொருட்குறிப்பு ராதியொன்றும் பின்னிணைப்பாகத் தரப்பட்டுள்ளது.

அறிவியலில் நாட்டமுள்ளோர் அனைவரும் படித்துப் பெறத்தக்க இவ் அரிய நூலை ஆக்கித்தந்த பேராசிரியர் ந. சுப்பு ரெட்டியார் அவர்கட்கு எம் நன்றி உரித்தாகுக.

இதனைப் பலரும் வாங்கிப் படித்துப் பயன்பெறுவார்க ளென்று நம்புகிறோம்.

சைவசித்தாந்த நூற்பதிப்புக் கழகத்தார்.

அன்புப் படையல்

நற்றவ வடிவாம் வள்ளுவன் கம்பன்
நல்லிளங் கோவுயர் கபிலன்
கொற்றமார் கீரன் பாரதி தங்கிக்
குலவிய செந்தமிழ்த் தாயின்
பற்றுறு வயிற்றில் திருவொடு தங்கிப்
பண்பொடு தோன்றிய செல்வர்
கற்றவர்க் கினியர்; சுந்தரவடிவேல்
கண்ணியர்க் குரியதிந் நூலே.

நூல்முகம்

“அணுவிற் கணுவாய் அப்பாலுக் கப்பாலாய்க்
கணுமுற்றி நின்ற கரும்புள்ளே காட்டி
வேடமும் நீறும் விளங்க நிறுத்திக்
கூடுமெய்த் தொண்டர் குழாத்துடன் கூட்டி
அஞ்சக் கரத்தின் அரும்பொருள் தன்னை
நெஞ்சக் கருத்தில் நிலையறி வித்துத்
தத்துவ நிலையைத் தந்தெனை யாண்ட
வித்தக விநாயக விரைகழல் சரணே.”*

இஃது அறிவியல் ஊழி (epoch). கடந்த பல நூற்றாண்டுகளில் ஏற்பட்ட அறிவியல் வளர்ச்சியின் அளவைவிட இந்த நூற்றாண்டில் அதன் வளர்ச்சியின் அளவு மிக அதிகமாக ஏற்பட்டுள்ளது. பல நூற்றாண்டுகளாக வாமனன் போலிருந்த அது திடீரென்று இந்த நூற்றாண்டில் திரிவிக்கிரம அவதாரம் எடுத்துள்ளது. இன்னும் அதன் வளர்ச்சி எந்த அளவிற்குப் போகும் என்று இப்பொழுது சோதிடம் கூறுவதற்கில்லை. நேற்றுக் கண்டறியப் பெற்றவை இன்று ‘பத்தாம் பசலிகளாகப்’ போகின்றன. இவற்றையெல்லாம் கருத்திற்கொண்ட மேனாட்டு அறிஞர் ஒருவர் ‘இந்த நூற்றாண்டு கருத்துக்கள் வெடித்த காலம்’ என்று குறிப்பிட்டுள்ளார். இவ்வாறு விரைவாக வளர்ந்து வரும் அறிவியல் துறையில் ‘மின்னணுவியல்’ (electronics) என்பது ஒரு பிரிவு; பௌதிக இயலைச் சார்ந்தது. இப்பிரிவில் மின்னணு (electron) ‘அலகிலா விளையாட்டுடையார்’ போல் புரியும் திருவிளையாடல்கள் எண்ணற்றவை. அத் திருவிளையாடல்களால் நாம் பெறும் நன்மைகளும் கணக்கிலடங்கா. இவற்றைச் சுருக்கமாக விளக்குவதுதான் ‘அதிசய மின்னணு’ என்ற இச் சிறுநூல்.

அறிவியல் கருத்துக்கள் இளமையிலேயே சிறுவர்கள் உள்ளத்தில் கால்கொள்ளச் செய்தல் வேண்டும். கல்வியாளர்கள்

* விநாயகரகவல் - வரி (64-71)

இதனைக் கருத்தில் கொண்டு பணியாற்ற வேண்டும். ஐ. நா. அவையின் ஒரு பகுதியாகிய 'கல்வி - அறிவியல் - பண்பாட்டுக் கழகம்' இதில் பெருங்கவனம் செலுத்தி வருகின்றது. இதற்குத் துணையாக அறிவியல் பாடப் புத்தகங்கள் நேர்த்தியாக அமைய வேண்டியது ஒருபுறமிருக்க, மாணாக்கர்கள் தாமாகவே அறிவியலின் பல பிரிவுகளைப்பற்றிய செய்திகளை அறிந்து கொள்வ கேற்றவாறு எளிய முறையில் அவர்கட்கு ஆர்வமூட்டும் வ யில் பற்பல நூல்கள் சுவையாக எழுதப் பெறுதல் வேண் கடந்த பல ஆண்டுகளாகப் பல துறைகளில்—குறிப்பாகக் க துறையில்—சிறுவர்கட்கெனப் பல நூல்கள் வெளிவந்தி பினும், அறிவியல் துறையில் அவை அத்தி பூத்தமாதிரி எங் ஒன்றிரண்டுதான் தலைகாட்டி வருகின்றன. இக்குறை விரை நீங்கவேண்டும். இந்தக் குறை இந்த வரிசை நூல்களால் ஓர நீங்கும்.

இந்த நூலை வெளியிடுவதற்கு இசைவு தந்த திருவேங்கட பல்கலைக் கழகத்தினருக்கு—சிறப்பாக அதனைத் தொடங் நாள்தொட்டுப் 'பால் நினைந்தூட்டும் தாயினும் சாலப் பரிந் கண்காணித்து வரும் அதன் துணைவேந்தர் திரு. எஸ். கோவி ராஜுலு நாயுடு அவர்கட்கு—என் உளங்கனிந்த நன்றி என் உரியது.

காலத்திற்கேற்ற அரிய நூல்களை வெளியிட்டு வரும் 'கழக இந்த நூலையும் மனமுவந்து ஏற்று வெளியிட்டமைக்காக அ தலைவராக 'என்றும் இளையராய்' நின்று அருந்தமி பணியாற்றி வரும் திரு. வ. சுப்பையா பிள்ளை அவர்கட்கு நூலைச் செவ்விய முறையில் அச்சிட்டுக் கற்போர் கைக கவினுடன் தவழச் செய்த அப்பர் அச்சகத்தினருக்கும் என் நன் என்றும் உரியது.

அறிவாலும் ஆற்றலாலும் வாழ்க்கை நெறிச் சீலத்தாலு உயர்ந்த பண்பாட்டாலும் என் உள்ளத்தைக் கவர்ந்த தமிழகக் கல்வித்துறை இயக்குநர் திரு. நெ. து. சுந்தரவடிவே அவர்கள். இவர் பல்லாண்டுகள் மாவட்டக் கல்வி ஆணையா ராகவும், சென்னை மாநகராண்மைச் சிறப்புக் கல்வித்துறை ஆ

ளராகவும் பணியாற்றிக் கடந்த ஒன்பதாண்டுகட்குமேல் மிழகக் கல்வித்துறை இயக்குநராகப் பணியாற்றி வருபவர். மிழ் நெஞ்சங்கொண்ட இவரால் தமிழ் நாட்டு ஆசிரியர்களும் ாணுக்கர்களும் அடைந்த ஏற்றங்களும் நன்மைகளும் பலப்பல. வருக்கு முன்னர் இருந்த இயக்குநர்கள் போல 'மூலவராக' ட்டிலும் இராமல் தமிழ் நாடெங்கும்—பட்டி தொட்டிக ளல்லாம்—உலாப்போகும் 'உற்சவராக' இருப்பவர். நடுப்பகல் ணவுத்திட்டமும் சீருடைத்திட்டமும் இவர் கண்டவை. வற்றால் எண்ணற்ற ஏழைமாணுக்கர்களின் கண்களைத் திறந்து ட்ட புண்ணியம் இவருக்குண்டு. இவருடைய திட்டங்களை) அரசும் பன்முறை பாராட்டிய துண்டு; இத் திட்டங்கள்) மாநிலங்கட்கும் வழிகாட்டிகளாக இருப்பவை என்று கல்வி றிஞர்கள் பாராட்டிப் புகழ்ந்ததும் உண்டு. கல்லூரிகளிலும் மிழன்னை அரியணை ஏறுவதற்கு அல்லும் பகலும் ஓல்லும் வகை ல்லாம் உவந்து பணியாற்றும் உண்மைத் தமிழ்த் தொண்டர் வர். கடந்த இருபதாண்டுகட்குமேல் தமிழகத்தில் கல்வித் றையில் பணியாற்றிய சிறியேன் இத்தகைய பேரறிஞர்பால் காண்டுள்ள பேரன்பிற்கும் பெருமதிப்பிற்கும் அறிகுறியாக, ர்கள் இசைவுபெற்று, இந்நூலை அவர்கட்கு 'அன்புப்படையல்' ய்கின்றேன். அவர்கள் ஆசியால் இந்நூல் தமிழகச் சிறுவர்கள் கயில் கிட்டி அவர்களிடம் அறிவியல் ஆர்வத்தை ஊட்டும் ாபது என் திடமான நம்பிக்கை.

ஒன்றுக்கும் பற்றாத என்னையும் ஒரு கருவியாகக் கொண்டு சிறு நூலை வெளியிடத் தோன்றாத் துணையாக நின்று க்கிய எல்லாம் வல்ல இறையருளை நினைந்து போற்று றேன்; அவன் திருவடி மலர்களை வணங்கி வாழ்த்துகின்றேன்.

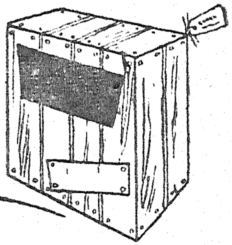
ப்பதி
7-63

ந. சுப்பு ரெட்டியார்.

உள்ளுறை

		பக்கம்
	பதிப்புரை	௩
	அன்புப் படையல்	ச
	நூல்முகம்	ரு
1.	அதிசய மின்னணு	1
2.	விடுதலை மின்னணுக்கள்	9
3.	மின்னணுக் குழல்கள்	20
4.	மின்னணுக் குழல்களின் பணிகள்	35
5.	எம்மருங்கும் மின்னணுவியல்	51
6.	தொழில் துறையில்	59
7.	மின்னணுக் காவலர்கள்	67
8.	உடல்நலப் பாதுகாப்பில்	78
9.	அறிவியல் ஆராய்ச்சியில்	86
10.	பாதுகாப்புத் துறையில்	99
11.	விரியும் அறிவியல் உலகம்	113
	பின்னிணைப்பு :	
1.	கலைச்சொல் விளக்கம்	117
2.	பொருட் குறிப்பு அகராதி	122

1. அதிசய மின்னணு



நாம் வாழும் இந்த உலகில் கோடானுகோடிப் பொருள்கள் உள்ளன. பிராணிகள், மரம் செடி கொடிகள், கல் மண் போன்றவை உலகெங்கும் பல்லாயிரக் கணக்காகச் செறிந்து கிடக்கின்றன. அஃதாவது, உயிருள்ள பொருள்களும் உயிரற்ற பொருள்களும் நிறைந்தது இவ்வுலகம். இவ்வுலகிலுள்ள பொருள்கள் யாவற்றிலும் அணுக்கள் என்பவைதாம் மிகவும் நுண்ணிய பொருள்கள் என்பதாக அறிவியலறிஞர்கள் கருதியிருந்தனர். காலம் செல்லச் செல்ல இக் கருத்து மாறத் தொடங்கியது. அவர்கள் செய்த ஆராய்ச்சியின் பயனாக அணுக்களின் தன்மைகள் மேன்மேலும் புலனாயின. அணுக்களைக் காட்டிலும் நுண்ணிய பொருள்களும் உள்ளன என்று அவர்கட்குத் தெளிவாயிற்று.

எதிர் மின்னணு (electron) என்பது மிகச் சிறிய துகள். நாம் கண்ணினால் காணக்கூடிய மிகச் சிறிய பொருள்களை விடப் பல இலட்சக்கணக்கான அளவுகளில் சிறியது. இதை ஆற்றல் மிக்க நுண் பெருக்கியாலும் (microscope) காண முடியாது. கோடிக்கணக்கான எதிர் மின்னணுக்களை ஒன்று சேர்த்தால்தான் ஒரு குண்டூசியின் தலையளவு இருக்கும்.

எதிர் மின்னணுவை மின்னணு என்றே இந்நூல் முழுவதும் வழங்குவோம். இஃது எதிர் மின்னூட்டத்தைக் கொண்டது.

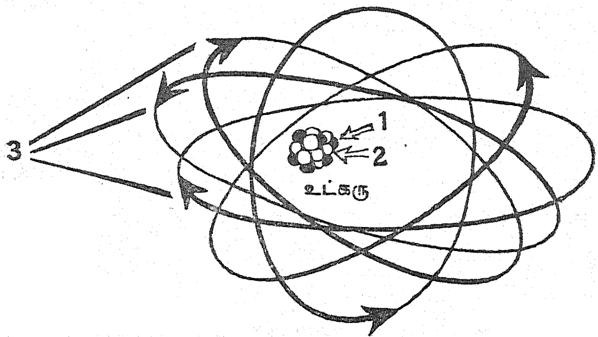
உலகிலுள்ள எல்லாப் பொருள்களும் மின்னணுக் களாலானவை. மேசை, நாற்காலி, கண்ணாடி போன்ற உயிரில்லாத பொருள்களும்; மரம், செடி, கொடி, பிராணிகள் போன்ற உயிருள்ள பொருள்களும் மின்னணுக்களா லானவை. எனவே, பொருள்கள் எந்த வடிவத்திலிருப் பினும் அவை மின்னணுக்களாலானவை என்பதை நாம் அறிதல் வேண்டும்.

மின்னணுக்கள் உண்மையிலேயே மிக நுண்ணிய துகள்கள்; அவை நகர்ந்துகொண்டே இருக்கும் தூய்மை யான மின் பொறிகள் ஆகும். நம்முடைய பூமி, செவ்வாய், புதன் போன்ற அண்டங்கள் யாவும் சூரியனைச் சுற்றி இயங்குகின்றன என்பதை நாம் அறிவோம். இங்ஙனமே, மின்னணுக்களும் ஒரு கதிரவனைச் சுற்றி இயங்குகின்றன. இந்தக் கதிரவன்தான் உட்கரு (nucleus) என்பது. நம் முடைய பூமியைச் சூரியனிடமிருந்து தனியாகப் பிரிக்கவே முடியாது. உட்கரு என்ற சூரியனிடமிருந்து மின்னணுக் களைப் பிரிக்கும் முறையை மக்கள் அறிவதற்குப் பன்னெடுங் காலம் ஆயிற்று.

உட்கரு என்பதும் மின்துகள்களா லானதே. இத் துகள்கள் மின்னணுக்களினின்றும் முற்றிலும் வேறானவை. ஒவ்வொரு மின்னணுவும் எதிர் மின்னூட்டம் கொண்டது என்பதை நாம் அறிவோம். ஆனால், உட்கருவில் இருவித மின்துகள்கள் அடங்கியுள்ளன. ஒருவிதத் துகள்கள் நேர் மின்னூட்டம் கொண்டவை; இவை நேர் மின்னணுக்கள் (protons) என்று வழங்கப்பெறும். மற்றொரு வகை மின் துகள்களிடம் யாதொரு மின்னூட்டமும் இல்லை; இவற்றை

நடுநிலை மின்னணுக்கள் (neutrons) என்று வழங்குவர். இந்த இரண்டுவித மின் துகள்களும் உட்கருவில் இறுகிப் பிணைந்து கொண்டுள்ளன. இவ்வாறு பிணைந்து கொண்டுள்ள ஆற்றலுக்கு உலகிலுள்ள எந்த ஆற்றலையும் ஈடு சொல்ல முடியாது. இது புவிஈர்ப்பு விசையைவிட இலட்சக்கணக்கான மடங்கு வலுவுடையது.

உட்கருவில் மேற்கூறிய இரண்டுவகைத் துகள்களைத் தவிர இருபதிற்கு மேற்பட்ட வேறு மின் துகள்களும் இருப்பதாக அறிவியலறிஞர்கள் அறிந்துள்ளனர். ஆனால், அவர்கள் அவற்றைத் தனியாகப் பிரித்து இன்னும் இனங் காணவில்லை. அவற்றின் செயல்களைக்கொண்டே அவற்றின் இருப்பினை மட்டிலும் அறிந்துகொண்டுள்ளனர்.



படம் 1. அணுவின் அமைப்பு
1. நடுநிலை மின்னணு. 2. நேர் மின்னணு. 3. எதிர் மின்னணு.

ஓர் உட்கருவும் அதனைச் சுற்றி இயங்கிக்கொண்டிருக்கும் மின்னணுக்களும் சேர்ந்த அமைப்பே அணு (atom) என்பது. சூரியனிடமுள்ள ஈர்ப்பு விசை தன்னைச் சுற்றிலுமுள்ள கோள்களைத் தம்முடைய நிலைகளிலிருந்து விலகாமல் இழுத்துப் பிடித்துக் கொண்டிருப்பதைப் போலவே, அணு

வின் உட்கருவிலுள்ள நேர் மின் துகள்கள் எதிர்மின் னூட்டத்தைக் கொண்ட மின்னணுக்களை மிக வலுவாக இழுத்துப் பிடித்து அவற்றைத் தம் நிலைகளிலிருந்து வழி விலகாமலிருக்கச் செய்கின்றன. ஓர் அணுவின் அமைப்பைப் படம் விளக்குகின்றது. ஆனால், அணுவினைச் சரியாகப் படத்தால் விளக்குவதற்கு ஒரு புத்தகத்தின் பக்கம் போதாது. உண்மையில் மின்னணுக்கள் இன்னும் பெரிய வட்டங் களில் சுழல்கின்றன. உட்கரு ஒரு துவரையளவு இருந் தால் அணு ஒரு மைல் குறுக்களவுள்ள உருண்டையாக இருக்கும்!

ஓர் அணுவின் எடைமுழுவதும் அதன் உட்கருவி லேயே செறிந்து கிடக்கின்றது. எனவே, அணுவின் எடை என்பது உட்கருவின் எடையே. மின்னணுக்களுக்கு எடையே இல்லை. ஒரு நேர் மின்னணு ஒரு மின்னணுவில் கிட்டத்தட்ட ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு பருமனே இருக்கும். ஆனால், அதன் எடை மின்னணுவின் எடையைப்போல் 1,840 மடங்கு அதிகம் இருக்கின்றது!

எல்லாப் பொருள்களும் அடிப்படையில் ஒரேவகை யைச் சார்ந்தவை என்று அறிவியலறிஞர்கள் கூறுகின் றனரே, அதன் பொருள் என்ன என்பதைக் காண்போம்.

எல்லாப் பொருள்களும் அணுக்களாலானவை. அணுக்கள் மின்துகள்களாலானவை; அஃதாவது, உட் கருக்களைச் சுற்றிலும் இயங்கும் மின்னணுக்களைக் கொண்ட அமைப்புக்களாலானவை.

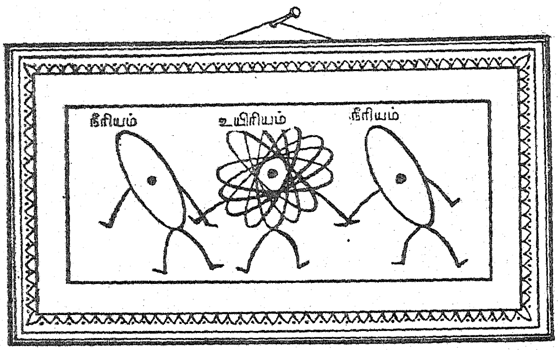
எல்லா அணுக்களும் ஒரே மாதிரியாக இருந்தால் இவ் வுலகில் ஒரேவித சடப் பொருள்தான் இருக்கும். ஆனால், சில அணுக்களின் உட்கருக்களில் அதிகமான நேர்மின் னணுக்களும், சிலவற்றில் குறைவான நேர்மின்னணுக்களும் இருக்கின்றன. இவற்றைச் சுற்றிலுமுள்ள மின்னணுக்

களும் பல்வேறுவிதமாக அமைந்துகிடக்கின்றன. உண்மையாகப் பார்க்குமிடத்து, 92 வகை அணுக்கள் இந்த உலகிலிருக்கின்றன. அவை யாவும் தனிமங்கள் (elements) என்ற மிக எளிய சடப்பொருள்களாகின்றன.

தனிமங்களும் பல வடிவங்களைக் கொண்டுள்ளன. சில வாயுக்கள்; சில திரவங்கள்; மற்றும் சில திடப் பொருள்கள். பரிதியம் (ஹீலியம்) என்ற மிக இலேசான வாயு ஒரு தனிமம். இரும்பு, பொன் ஆகியவையும் தனிமங்களே. ஒரு தனிமத்தின் அணுவிலுள்ள மின்னணுக்களின் எண்ணிக்கையும் நேர்மின்னணுக்களின் எண்ணிக்கையுமே ஒரு தனிமத்திற்கும் பிறிதொரு தனிமத்திற்கும் உள்ள வேற்றுமையை அறுதியிடுகின்றன. எனவே, அணுக்கள் யாவும் அடிப்படையில் ஒன்றே என்றும், மின்துகள்களின் எண்ணிக்கையே பல்வேறு அணுக்களின் இருப்பிற்குக் காரணம் என்றும் நாம் அறிகின்றோம். ஆகவே, உலகில் 92 தனிமங்கள் உள்ளன.

மேற்கூறிய 92 தனிமங்கள் ஒன்றும் பலவுமாகத் தம்மொடு தாம் கலந்து கூட்டுப் பொருள்களை (compounds) உண்டாக்குகின்றன. இதனால்தான் நாம் இவ்வுலகில் பல்வேறு வகைப்பட்ட சடப்பொருள்களைக் காண்கின்றோம். இக் கருத்தையே தொல்காப்பியம் என்ற தமிழ் இலக்கணம் "நிலம், நீர், தீ, காற்று, ஆகாயம் என்ற ஐந்து பூதங்களின் சேர்க்கையே உலகம்" என்று வேறொரு விதமாகக் கூறுகின்றது. மரம் செடி கொடிகள், பறவைகள், விலங்குகள், மலைகள் யாறுகள் போன்ற பல பொருள்கள் நிறைந்ததனையே உலகம் என்கின்றோம். இவை யாவும் மின்னணுக்களாலானவை; இந்த மின்னணுக்கள் யாவும் அவற்றின் உட்கருக்களைச் சுற்றிக்கொண்டே இருக்கின்றன.

மின்னணுக்களும் உட்கருக்களும் சேர்ந்து அணுக்களாவது போலவே, அணுக்களின் தொகுதிகள் அணுத்திரளைகள் (molecules) ஆகின்றன. ஒரு குறிப்பிட்ட சடப்பொருளின் மிகச் சிறிய துகளையே நாம் அணுத்திரளை என்கின்றோம். எடுத்துக்காட்டாக, நீரியம் (hydrogen) என்ற தனிமத்தின் ஓரணுவில் ஒரே ஒரு மின்னணு அதன் உட்கருவினைச் சுற்றிக் கொண்டிருக்கின்றது. இரண்டு நீரிய அணுக்கள் ஓர் உயிரிய அணுவுடன் (oxygen atom) சேர்ந்தவுடன் அவை நீர் என்ற எல்லோரும் அறிந்த கூட்டுப் பொருளின் அணுத்திரளை யாகின்றன. சில சமயம் பல



படம் 2. நீர் அணுத்திரளை

அணுக்கள் சேர்ந்தே ஓர் அணுத்திரளை யாகின்றது. ஆனால், ஆற்றல் மிக்க நுண் பெருக்கியினைக் (microscope) கொண்டும் இன்னும் ஒருவரும் அணுத்திரளையைப் பார்த்ததே இல்லை. அரிசி போன்ற மாப் பொருளின் அணுத்திரளைகள் மிகப்பெரியவை. இவற்றைக்கூட நாம் இன்னும் காணமுடியவில்லை. நீர் அணுத்திரளை உண்டாவதைப் படம் விளக்குகின்றது. மேசையை அணிசெய்யும் குடும்பப் படத்தைப்போன்ற இதனைக்கண்டு மகிழ்வோம்.

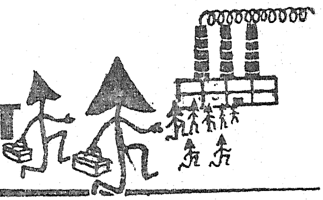
அணுத்திரளைகள் அணுக்களாலானவை என்பதை நீண்ட காலத்திற்கு முன்னரே அறிவியலறிஞர்கள் (scientists) அறிந்திருந்தனர். உலகில் அணுதான் மிகமிகச் சிறிய பொருள் என்று அவர்கள் கருதினர். ஆகவே, அவர்கள் அதன் அமைப்பினைக் காண விழைந்தனர். அணு மின்சாரத் தன்மையுடையது என்பதையும் அவர்கள் அறிந்தனர். மின்னாற்றல் மிகச் சக்தி வாய்ந்தது என்பதை நாம் அறிவோம். எனவே, அவர்கள் அணுவினைத் தம்முடைய நலனுக்குப் பயன் படுத்தும் வழியைக் கண்டு விடலாம் என்ற நம்பிக்கையுடன் உழைத்தனர். அவர்கள் பல்வேறு சிக்கலான பொறிகளைப் புனைந்து அணுவினை ஆராய்ந்தனர். இந்த ஆராய்ச்சியிலிருந்து அவர்கள் அணுவென்பது பல மின்துகள்களாலானது என்றும், இந்த மின்துகள்கள் உட்கருவினைச் சுற்றிக்கொண்டேயிருக்கின்றன என்றும் மெய்ப்பித்தனர். இந்த மின்துகள்களையே அவர்கள் மின்னணுக்கள் (electrons) என்று வழங்கினர்.

மின்னணு என்பது ஒரு புதிய சொல்லன்று. மின்னல் ஏற்படும் பொழுதெல்லாம் உண்டாகும் மின்பொறிகளைக் கூறும்பொழுது இச்சொல்லை மக்கள் பன்னெடுங்காலமாகப் பயன்படுத்தியே வந்தனர். இவ்வுலகிலுள்ள ஒவ்வொரு பொருளும் கண்ணுக்குப் புலனாகாத சதா இயக்க நிலையிலுள்ள மின்னணுக்களாலானதென்று அவர்கள் கண்டறிந்ததும், அவர்கள் இந்த மின்னணுக்களைக் கட்டுப்படுத்தித் தமக்குச் சேவகம் செய்யுமாறு ஏவத் தொடங்கினர். இவ்வாறு மின்னணுக்களைச் செயற்படச் செய்யும் துறை இன்று மின்னணுவியல் (electronics) என்று வழங்கப்பெறுகின்றது. இந்தப் புத்தகம் முழுவதிலும் கூறப்பெற்றுள்ள செய்திகள் யாவும் இந்த இயலைச் சார்ந்தவையே.

செயற்படும் நிலையிலுள்ள மின்னணுக்கள் மின்னணு வாற்றல் (electronic energy) என வழங்கப்பெறும். ஆனால், ஓரணுவில் இதனினும் வேறான ஓர் ஆற்றல் இருக்கின்றது; இந்த ஆற்றல் வேறு விதமாகப் பயன்படுகின்றது. அணுவினைச் சிதைத்து இந்த ஆற்றல் வெளிப்படுத்தப் பெறுகின்றது. இஃது 'அணுவாற்றல்' (atomic energy) அல்லது 'உட்கருவாற்றல்' (nuclear energy) என வழங்கப்பெறுகின்றது. இதுபற்றிய அனைத்தும் 'அணுவின் கதை'யால் அறியப்பெறும்.

மின்னணுக்களைப்பற்றிய அறிவியல் மின்னணுவியல் ஆகும். இங்கு நாம் மின்னணுக்களைக் கட்டுப்படுத்திச் செயற்படச் செய்கின்றோம். பன்னெடு நாட்களாகச் செய்ய முடியாத வேலைகள் யாவும் மின்னணுக்களால் செய்யப்பெறுகின்றன. மின்னணுவியலால் வான்வெளியில் தொலைவிலுள்ள காட்சிகளைக் காண்கின்றோம்; இருண்ட நள்ளிரவிலும் கனமான எஃகு மூலமும் நம் கண்கள் சில பொருள்களைக் காண்கின்றன. அது பிணி நீக்கும் முறைகளில் பணி செய்கின்றது. போர்களிலும் பெரும் பங்கு கொள்கின்றது. அது தொழிற்சாலைகளிலும், விவசாயப் பண்ணைகளிலும் இல்லங்களிலும் வியத்தகு முறையில் ஏவல் கேட்டு நிற்கின்றது. எதிர்காலத்தில் அது விமானங்களையும் புகை வண்டிகளையும், தானியங்கிகளையும் (automobiles) இயக்கி நம் பயணத்தை எளிதாக்கலாம்; நம் இல்லங்களிலும் பல்வேறு சேவைகள் புரியலாம். அஃது ஆயிரம் கைகளையுடைய ஒரு சேவகன் போல் அனைத்தையும் செய்யும் காலம் மிக அண்மையிலிருக்கின்றது என்பதில் ஐயம் இல்லை.

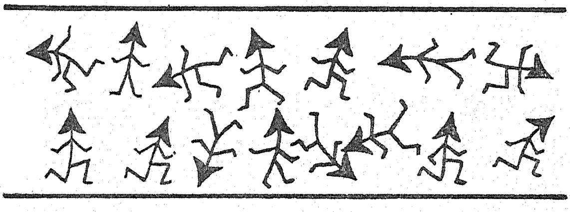
2. விடுதலை மின்னணுக்கள்



நம்முடைய மாட்டுத் தொழுவத்தில் பல எருதுகள் இருக்கின்றன. அவற்றை அவிழ்த்து வண்டியின் நுகத்திலோ ஏரின் நுகத்திலோ கட்டி ஓட்டாவிட்டால் அவற்றை நம் விருப்பப்படி இயக்கி வேலை செய்விக்க இயலாது. இதே முறையில்தான் அறிவியலறிஞர்கள் மின்னணுக்களை அடக்கியாள்வதற்கு ஒரு வழியைக் காண வேண்டியிருந்தது. உட்கருக்களில் அவை ஒட்டிக்கொண்டிருப்பதற்குப் பதிலாகத் தாம் விரும்பும் இடத்திற்கு அவற்றை அனுப்புவதற்கு அவர்கள் ஒரு வழியைக் கண்டறியவேண்டியிருந்தது.

அறிவியலறிஞர்கள் பல்வேறு சடப் பொருள்களை ஆராய்ந்தனர். சிலவித சடப் பொருள்களில் மின்னணுக்கள் எளிதாகக் கழன்று இயங்கும் என்றும், சில வகைப் பொருள்களில் மிகச் சிரமத்துடன் கழன்று இயங்கும் என்றும் கருதினர். ஏனைய பொருள்களைவிட உலோகங்களில் அவை எளிதாகக் கழன்று தம் விருப்பப்படி செல்லக் கூடியவை என்றும், ஏனைய பொருள்களிலிருப்பதுபோல் அவை தம்முடைய உட்கருக்களுடன் இறுகப் பிணைந்திராததால்தான் இவ்வாறு செல்ல முடிகின்றது என்றும் அவர்

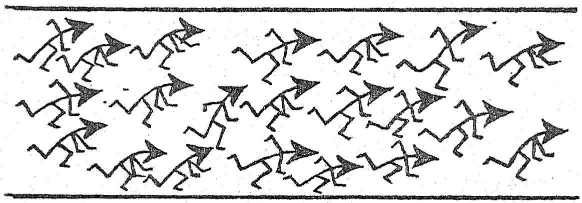
கள் கண்டறிந்தனர். இக் காரணத்தால்தான் உலோகம் மின்னோட்டம் செல்வதற்கு நல்ல கடத்தி (conductor) யாகின்றது. மின்னோட்டத்திற்குக் காரணமான கோடிக் கணக்கான சிறிய மின் துகள்கள் கம்பியின் நெடுக மோதி முட்டியடித்துக் கொண்டு செல்லுகின்றன. ஆதலால்தான் நம் வீட்டிலுள்ள மின்னாற்றலால் இயங்கும் பொருள்கள் யாவும் சுவர்க்குழியில் (wall socket) ஓர் உலோகக் கம்பியால் பொருத்தப்பெறுகின்றன. அறையில் நாம் ஒரு மின் விளக்கு ஒளியில் படித்துக்கொண்டிருக்கின்றோம் என்று வைத்துக் கொள்வோம். யாராவது ஒருவர் விளக்கினைச் சுவர்க்குழியில் பொருத்தும் கம்பியைப் பிடுங்கி விட்டால், விளக்கு அணைந்து விடும். ஆனால், அது சுவர்க்குழியின் தன் இருப்பிடத்திலிருந்து விளக்குக் குமிழுக்கு வருவதற் குரிய வழியை இழந்துவிட்டது. எப்பக்கமாக அது தள்ளப் பெறுகின்றதோ அப்பக்கத்தை நோக்கியேதான் அது போக முடியும். அது காற்று வழியாகக் கடந்து விளக்குக் குமிழை அடைதல் முடியாது.



படம் 3. கம்பியிலுள்ள மின்னணுக்கள் எப்பொழுதும் இருக்கும் நிலை

ஆனால், மின்னோட்டத்தைச் சுமந்து செல்லும் தாமிரக் கம்பியிலுள்ள எல்லா மின்னணுக்களும் கம்பியின் ஒரு முனையிலிருந்து அடுத்த முனைக்குப் போவதில்லை! சில புதிய

மின்னணுக்கள் மின்னோட்டத்தைத் தரும் பொறியிலிருந்து (plant) வருகின்றன ; ஏனையவை தள்ளப்பெறுகின்றன. ஆனால், கம்பியிலுள்ள மின்னணுக்கள் எப்பொழுதும் அங்கேயே இருக்கின்றன. படத்தில் காட்டியுள்ளபடி இந்த அணுக்கள் எப்பொழுதும் அசைந்து கொண்டும், தம் இருப்பிடங்களை மாற்றிக் கொண்டும், தம் விருப்பப்படி இங்குமங்கும் போய்க் கொண்டும் இருக்கும். அவற்றைச் செயற்படுத்துவதற்கு முன்னர், அவை யாவும் ஒரே திசையில் பாய்ந்து செல்லுவதற்கு யாதாவது ஒரு செயல் நிகழ்தல் வேண்டும்.



படம் 4. ஆற்றல் வேண்டுமாயின் மின்னணுக்கள் இருக்க வேண்டிய நிலை

படத்தில் காட்டியபடி, அவை கம்பியின் வழியாக ஒன்று சேர்ந்து தள்ளிக்கொண்டு செல்லும்பொழுது, அவை ஆற்றல் பெறுகின்றன.

நாம் பொத்தானை (switch) இயக்கும்பொழுது நாம் தனி மின்னணுக்களை (free electrons) (அஃதாவது உட்கருக்களினின்று கழன்று நிற்கும் மின்னணுக்களை) ஒன்றையொன்று இடித்துக் கொண்டு ஒரே திசையில் ஓர் அருவி போல் கம்பியில் செல்லுமாறு வல்லந்தம் (force) செய்கின்றோம். சுவர்க்குழியில் எதிர் மின்னூட்டமுள்ள மின்னணுக்கள் மேலும் மேலும் கம்பியினுள் தள்ளப்பெறுகின்றன.

கம்பியின் மறு கோடியில் நேர் அணுக்கள் (positive atoms) இந்த மின்னணுக்களைத் தம்மை நோக்கி இழுத்துக் கொள்ளுகின்றன. மின்னணுக்களை நேர் அணுக்கள் விழுங்குவதைப் படம் காட்டுகின்றது. இதனுல்தான் ஒரு கடத்தியின் வழியாக மின்னேட்டம் பாய்ந்து செல்லுகின்றது. கம்பியின் ஒரு கோடியில் மின்னணுக்கள் தள்ளப் பெறுகின்றன; அதன் மறு கோடியில் அவை இழுக்கப்

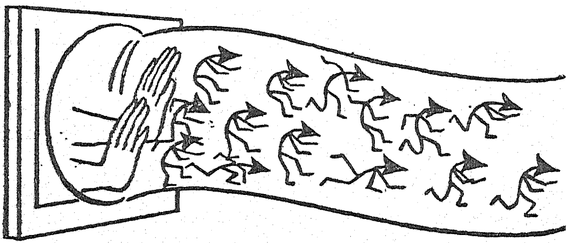
படம் 5. மின்னணுக்களை விழுங்கும் நேர் அணு

பெறுகின்றன. இவ்வாறு கம்பியின் ஒரு கோடியிலிருந்து மறு கோடிக்கு மின்னணுக்களைப் பாயச் செய்யும் அழுத்தமே மின் அழுத்தம் (voltage) என்று வழங்கப்பெறுகின்றது.

ஒரு கம்பியில் மின்னணுக்களின் அமுக்கம் அல்லது நெருக்கம் அதிகமாக இருந்தால், மின் அழுத்தம் அதிகமாக

இருக்கும். மின்னோட்டத்தைப் பாயச் செய்யும் அமுக்கம் வோல்ட் (volt) என்ற அளவால் கணக்கிடப்பெறுகின்றது. நம்முடைய வானொலிப் பெட்டியை இயக்குவதற்கு அதிகமான வோல்ட்டுக்கள் தேவை இல்லை. ஆனால், சென்னையில் ஓடும் மின்சார இரயில் வண்டியை இயக்குவதற்கு அதிகமான வோல்ட்டுக்கள் வேண்டும். இருப்புப்பாதை செல்லும் சில இடங்களில் பாதைக்கு மேலுள்ள கம்பிகளை இணைக்கும் அரண்களில் (towers) "அபாயம்—16,000 வோல்ட்டுக்கள்" என்று எழுதப்பெற்றுத் தொங்கவிடப் பெற்றுள்ள அடையாளத் தகடுகளை நாம் பார்க்கின்றோமல்லவா? இது கம்பிகளில் ஓடும் மின் அழுத்தத்தைக் குறிப்பிடுகின்றது.

மேற் குறிப்பிட்ட அழுத்தத்தை உண்டாக்கும் ஆற்றல் நிலையம் இருப்புப் பாதை வழியிலிருந்தும் நம் வீட்டிலுள்ள சுவர்க்குழியிலிருந்தும் நூற்றுக்கணக்கான மைல்களுக்கு அப்பால்—வெகு தொலைவில்—இருக்கலாம். இந்த மின்



படம் 6. மின் அழுத்தம் கம்பியின் மூலமாக மின்னணுக்களைத் தள்ளுதல்

னாற்றலின் உண்மையான தொடக்கம் இந்த ஆற்றல் நிலையத்திற்கு அப்பால்—ஒரு நிலக்கரிச் சுரங்கம், அல்லது எண்ணெய்க் கிணறு அல்லது ஒரு பெரிய ஆறு போன்ற இடங்களில்—இருக்கலாம். நீர்ச் சக்தி, நிலக்கரி அல்லது

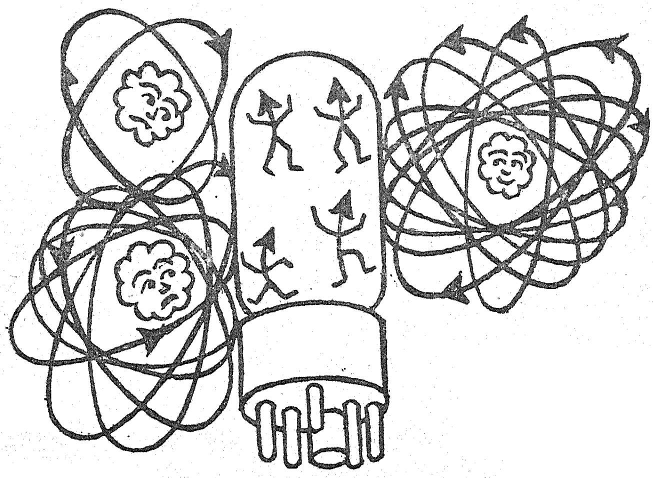
எண்ணெய், ஆற்றல்நிலையத்தின் உற்பத்திப் பொறியைச் (generator) செயற்படச் செய்கின்றது. உற்பத்திப் பொறி மின்சாரத்தை உண்டாக்கி அதை நாடெங்கும் கம்பிகள் மூல மாகவும் தெருக்களின் கீழுள்ள கேபிள் (cable) மூலமாக நம் வீடுகளுக்கும் அனுப்புகின்றது. நாம் பொத்தானைத் திருப்பும் பொழுது படத்தில் காட்டியுள்ளபடி மின் அழுத்தம் கம்பியின் மூலமாக மின்னணுக்களைத் தள்ளித் தம் வேலை யைச் செய்விக்கின்றது.

உலோகக் கம்பியிலுள்ள மின்னணுக்களை அழுத்தம் எவ்வாறு மின் சக்தி யாக்குகின்றது என்பதை நன்கு புரிந்து கொள்ளுவதற்கு அடியிற் கண்ட சோதனை பெரிதும் பயன்படும்: குளிர்ந்த பானங்களைப் பருகும் ஒரு பெரிய வைக்கோற் புல் குழலினுள் மிகச் சிறிய சில கூழாங் கற்கள் அல்லது உருண்டை மணிகளைப் (beads) போடுக. இக்குழலை மட்டமாகப் பிடித்துக் கொண்டிருக்கும்பொழுது அவை குழலினுள் இங்குமங்கும் சிறிது நகரலாம்; அல்லது சிறிது வெளியேறலாம். ஆனால், அவை தரையில் விழும். இப் பொழுது வைக்கோற் குழலுக்கு நேராக ஒரு காகிதத்தை வைத்துக்கொண்டு மற்றொரு கோடியிலிருந்து பலமாக ஊதுக. கூழாங் கற்கள் வைக்கோற் புல் குழலினின்று மிக விரைந்து வெளிப்பட்டுக் காகிதத்தை ஒரு பக்கமாகத் தள்ளி விடும்; சில கூழாங் கற்கள் காகிதத்தைக் கிழித்துக் கொண்டு செல்லவும் கூடும்.

அமுக்கத்தைக் கொண்டு வைக்கோலினுள் கூழாங் கற் களை விரைந்து வெளியேறுமாறு வல்லந்தம் செய்ததுடன் அவை காகிதத்தை அப்பால் தள்ளுவதற்கேற்ற வலுவை யும் தந்தாய். இங்ஙனமே, கம்பியிலுள்ள மின்னணுக் களுக்குத் தரும் மின் அழுத்தம் அவற்றை ஒரு மின்னோட்ட

மாக வெளியேறச் செய்கின்றது. மின் அழுத்தம் கம்பியைப் போதுமான அளவு சூடாக்கினால், மின்னணுக்கள், வைக் கோலினின்று வெளியேறின கூழாங் கற்களைப் போல, கம்பி யினின்று வெளியே குதித்தோடும்.

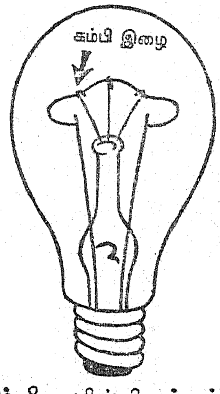
கம்பியினின்று மின்னணுக்களை வெளியே தள்ளுவது தான் அவற்றை வேலை செய்ய இயக்குவிப்பதில் முக்கிய மான முதற்படியாகும். ஆனால், அவற்றை நாம் வெளிப் பரப்பில் வெளியேறச் செய்தால், அவை முரட்டுத் தன்மை வாய்ந்த எருதுகள் போல் எல்லாப் பக்கங்களிலும் சிதறி யோடும். மின்னணுக்களைக் கட்டுப்படுத்துவதற்காக அவற்



படம் 7. மின்னணுக் குழல்

றைப் பிடிப்பதற்கு முன்னதாகவே அவற்றை ஒரு வேலிக் குள் கொண்டு வருதல் வேண்டும். இவ்வாறு நாம் செய்யும் வேலியே மின்னணுக்குழல் (electron tube) என்று வழங்கப் பெறுகின்றது.

பெரும்பாலான மின்னணுக்குழல்கள் வெற்றிடக் குழல்களே (vacuuam tubes). அஃதாவது அவற்றிலுள்ள காற்று முழுவதும் வெளியேற்றப்படுகின்றது. ஒரு சில மின்னணுக் குழல்களில் சிறிய அளவுகளில் வாயு உள்ளது. ஒருவித மின்னணுக்குழல் படத்தில் காட்டப்பெற்றுள்ளது. இரண்டு காரணங்களால் மின்னணுக்குழல்களினின்று காற்று வெளியேற்றப் பெறுகின்றது. காற்றணுக்கள் மிகப் பெரிதாக இருப்பதால் மின்னணுக்கள் அவற்றை அடிக்கடி மோதி இறுதியில் அசைவற்றுப் போவது முதற் காரணமாகும், குழலின் உலோகப்பகுதிகள் எவ்வளவு சூடேறினபோதிலும் காற்றின்றி எரியாதென்பது இரண்டாவது காரணமாகும். மின்விளக்குக் குமிழ் (electric bulb) ஒரு வெற்றிடக் குழலாகும். வானொலிக் குழலும் (radio tube) ஒரு வெற்றிடக் குழலே.



படம் 8. மின்விளக்குக் குமிழ்

ஒரு மின்விளக்குக் குமிழினுள் இருக்கும் மெல்லிய கம்பி, வளையம்போல் சுருண்டோ அல்லது நடுவில் வளைந்து வளைந்தோ இருக்கும். படத்தில் காட்டப்பெற்றுள்ள மின் குமிழினுள் கம்பி இழை வளையம்போல் சுருண்டு இருக்

கின்றது. இது கம்பி இழை (filament) என்று வழங்கப்பெறும். இது டங்க்ஸ்டன் என்ற ஒருவித பிரத்தியேகமான உலோகத்தாலானது. மின்னோட்டம் இந்தக் கம்பியினுள் ஓடி அங்குள்ள மின்னணுக்களை வெளியே தள்ளி அசைந்தாடச் செய்கின்றன. அவை விரைவாக வெளியேறுங்கால் வெப்பக் கதிர்களையும் வீசுகின்றன.

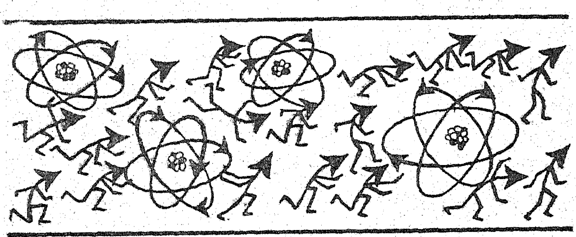
இரண்டு மரக்கட்டைத் துண்டுகளைத் தேய்த்து நெருப்பினை உண்டாக்குங்கால் இதே நிகழ்ச்சி நேரிடுகின்றது. இஃது உராய்வு (friction) எனப்படும். இரண்டு கட்டைகளைச் சேர்த்துத் தேய்க்குங்கால் கட்டையிலுள்ள மின்னணுக்கள் ஒன்றோடொன்று ஊசலாடிக் கொஞ்சம் வெப்பக் கதிர்களை வீசுகின்றன; இக்கதிர்களே நெருப்பைத் தோற்றுவிக்கின்றன. விளக்குக் குமிழில் காற்று இல்லாமையாலும், காற்றின்றி ஒரு பொருள் எரியாதாகையாலும் இழையிலுள்ள மின்னணுக்கள் நெருப்பினை விளைவிப்பதில்லை.

சூடான இழையிலுள்ள மின்னணுக்கள் எரியாவிடினும், அவை அனுப்பும் கதிர்கள் வெண்ணிறமாக ஒளிவிடச் செய்கின்றன. இதைத்தான் நாம் மின் ஒளி (electric light) என்கின்றோம். மின் விளக்குக் குமிழ் வெற்றிடமாக இராவிடில், இழை எரிந்து போகும்; ஒளியும் இல்லாது போய்விடும். சில சமயம் மின் விளக்குக் குமிழ்களிலுள்ள மின்னணுக்கள் மிக வேகமாக அசைந்து இழையை விட்டு வெளியே தாண்டிக் குதிக்கும். அவை அங்ஙனம் செய்யும் பொழுது ஒளி விடுவதினின்றும் நின்றுபோகின்றன. குமிழின் உட்புறத்தில் கருமையான கறை படிகின்றது.

ஒரு வானொலிக் குழலில் எல்லாச் சிறிய மின்னணுக் குழல்களைப் போலவே மின்னணுக்கள் இழையை விட்டு வெளியேறுகின்றன என்று கருதப் பெற்றபோதிலும், விடுதலைபெறும் வரையிலும் அவை வேலை செய்வதில் இறங்கு

வதில்லை. பல்வேறு மின்னணுக் குழல்கள் பல்வேறு முறைகளில் மின்னணுக்களைக் கழலச் செய்கின்றன. ஆனால், மின்னணுக்களைச் செயற்படச் செய்வதற்கு முன்னர் அவற்றைக் கழலச் செய்வதென்பது முதலில் செய்யப் படவேண்டியதொன்று.

மின்சார முறையில் ஒரு செயலை ஆற்றுவதற்கும் மின்னணு முறையில் ஒரு செயலை ஆற்றுவதற்கும் உள்ள ஒரு பெரிய வேற்றுமை இதுவேயாகும். மின்சாரம் ஆற்றலாகப் பயன்படும் பொழுது, மின்னோட்டம் கம்பியை விட்டு எப்பொழுதும் வெளியேறுவதில்லை. மின்னோட்டத்தை யுண்டாக்கும் சில மின்னணுக்கள் அணுக்களிடையேயுள்ள



படம் 9. விடுதலை மின்னணுக்கள் கம்பியில் பாய்ந்து செல்லும் பொழுது அவை கம்பியிலுள்ள அணுக்களைத் தள்ளிக் கடந்து செல்லுவதைக் காட்டுவது

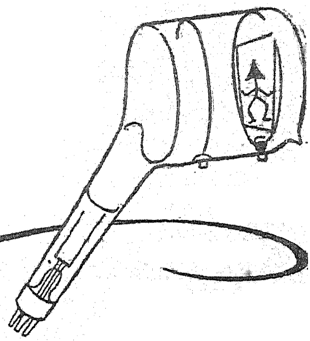
இடங்களில் விடுதலையுடன் உள்ளன; ஆனால் சில மின்னணுக்கள் உட்கருக்களுடனேயே தங்குகின்றன. இவைகள் கம்பியில் பாய்ந்து வரும் மின்னணுக்களை எதிர்த்துத் தள்ளுகின்றன. இதனால் தனி மின்னணுக்கள் (free electrons) அந்த அணுக்களைக் கடந்து செல்லுவதற்கு நேரமிலலாமல் திண்டாடுகின்றன. சில சமயங்களில் இவை அணுக்களுக்குள் இழுக்கப்பெற்று வேறு மின்னணுக்கள் தள்ளப்பெறுகின்றன. இதனைப் படம் விளக்குகின்றது. இவ்வாறு

முட்டி மோதியடித்துக் கொண்டு செல்லுவதால் அவற்றின் சக்தியில் ஒரு பகுதி வீணாகக் கழிகின்றது. அது கம்பியில் மின்னணுக்கள் செல்லுவதற்குப் பயன்பட்டுப் போகின்றது.

தனி எதிர் மின்னணுக்கள் தம்மைக் கடந்து செல்லாமல் அணுக்களிடையே நேரிடும் போராட்டமே தடை (resistance) என்று வழங்கப்பெறுகின்றது. மின்னணுக்கள் கம்பியில் கடந்து செல்லுவதில் சிரமம் அதிகமாக இருந்தால், நாம் அந்தக் கம்பியில் தடை அதிகமாக உள்ளது என்கின்றோம். இவ்வாறு கடந்து செல்லுவதற்கு அதிக அழுத்தமும் தேவைப்படுகின்றது. டங்க்ஸ்டன் கம்பியை விடத் தாமிரக் கம்பியில் இத்தடை குறைவு. தாமிரக் கம்பியில் தனி மின்னணுக்கள் அதிகமாக இருப்பதும் அவை எளிதாகக் கடந்து செல்லுவதுமே இதற்குக் காரணமாகும். இதனால் தாமிரக் கம்பியில் மின்னோட்டம் எளிதாக நடைபெறுகின்றது. டங்க்ஸ்டன் கம்பியில் தனி மின்னணுக்களுக்கும் அணுக்களுக்குமிடையே முட்டி மோதிக் கொள்ளும் போராட்டம் அதிகக் கடுமையாகி அக்கம்பி சூட்டினால் ஒளிருகின்றது.

மின்னணு முறையில் செயல்கள் நடைபெற்றால் கம்பியில் சிறைப்படுத்தப்பெறும் மின்னோட்டம் விடுதலை பெறுகின்றது. இங்குமங்கும் உட்கருக்களால் சதா இழுக்கப்பெறும் மின்னணுக்களைக் கட்டுப்படுத்துவதைவிடத் தனி மின்னணுக்களைக் கட்டுப்படுத்துவது எளிது. இத் தனி மின்னணுக்களிடம் அதிகமான சக்தியும் உள்ளது. இவ்வாறு மின்னணுக்களை நெகிழச் செய்து அவற்றின் முழு ஆற்றலையும் கொண்டு பிரத்தியேகமான செயல்களைப் புரிவிப்பதே மின்னணுத்துறையின் பணியாகும்.

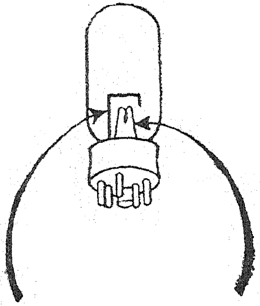
3. மின்னணுக் குழல்கள்



மின்னணு ஆற்றல் வெற்றிடக் குழலில்தான் தொடங்குகின்றது. இங்கு மின்னணுக்கள் யாவும் விடுதலையுடன் இருப்பதே இதற்குக் காரணமாகும். வெற்றிடக் குழல்களில் சில கோலிக் குண்டுகளுக்குமேல் பெரியனவாக இருப்பதில்லை. சில இருபத்தைந்து அடி உயரம் கூட இருப்பதுண்டு. ஆனால், இவற்றுள் சில கூறுகள் ஒரே மாதிரியாகவே இருக்கும்.

எல்லாக் குழல்களிலும் உலோகம் உண்டு. இந்த உலோகமே மின்னணுக்களின் மூலம் (source) ஆகும். ஒரு வானொலிக் குழலில் ஒரு விளக்குக் குமிழிலுள்ளதைப் போலவே உள்ள இஃது இழை என்று வழங்கப்பெறும். ஆனால், பெரும்பாலான மின்னணுக் குழல்களில் இந்த உலோக மூலம் எதிர்-மின்வாய் (cathode) என்று வழங்கப் பெறுகின்றது. இழை என்பது ஒரு மெல்லியகம்பி என்பதை நாம் அறிவோம். இஃது உள்ள மின் குழலில் இதுவே சூடாக்கப்பெறுகின்றது. ஒரு பிரத்தியேகமாக அமைக்கப் பெற்ற அடுப்பிலிருந்து வெப்பம் தரப்பெற்றால், அந்த மூலம், எதிர்-மின்வாய் என்று வழங்கப்பெறும்.

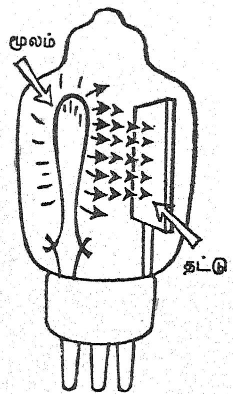
குழல் காற்று புகாதவாறு அமைக்கப்பெற்றிருப்பதால் அதனுள் ஒன்றும் எரியாது. இக் குழலில் மின்னாற்றல் புகுவதற்கு ஒரு வாயிலும், குழலில் உண்டாகும் புதிய ஆற்றல் வெளிப்படுவதற்கு மற்றொரு வாயிலும் இருக்க வேண்டும். குழலின் கவசத்தை மேலுறை (envelope) என்று வழங்குவர்.



படம் 10. மின்னணுக்களின் மூலம் (source) ஓர் எதிர்-மின்வாயாகவோ அல்லது ஓர் இழையாகவோ இருக்கலாம்

எல்லா மின்னணுக் குழல்களும் ஒரு தட்டினைக் (plate) கொண்டிருக்கவேண்டும். இது விடுதலையுடன் உள்ள மின்னணுக்களை ஒன்றுசேர்க்கும். இங்குள்ள படத்தில் (படம்-11) மூலத்தினின்று மின்னணுக்கள் தட்டினுள் சேர்வதைக் காண்க. நடைமுறையில் இத்தட்டு நேர்-மின்வாய் (anode) என்று வழங்கப்பெறும். நேர்-மின்வாயில்தான் மின்னணுவின் ஆற்றல் உண்மையில் வேலைசெய்யத் தொடங்குகின்றது. இந்த நேர்-மின்வாய் பயன்படுத்தப் பெற்றுள்ள முறையைப் புரிந்துகொள்ள வேண்டுமாயின் நாம் மின்னணுக்களைப் பற்றியவும் அணுக்களைப் பற்றியவுமான ஒரு முக்கிய பண்பினை நன்கு அறிந்துகொள்ளவேண்டும்.

உட்கருவிலுள்ள மின்பொறிகள் மின்னணுப் பொறிகளினின்றும் வேறுபட்டவை என்பதை நாம் அறிவோம். மின்னணுக்கள் எதிர் மின்சாரத்தின் பொறிகளாகும்; ஆனால், உட்கருவினுள்ளிருக்கும் நேர் மின் துகள்கள் நேர்மின்சாரத்தின் பொறிகளாகும். சாதாரணமாக நேர் மின்னூட்டம் எப்பொழுதும் எதிர்மின்னூட்டத்தை இழுத்துக்கொள்ளும் என்பது இயற்கையின் விதி. எதிர்மின்சாரம் அதனை



படம் 11. மூலத்தினின்றும் மின்னணுக்கள் தட்டினுள் சேர்தல்

நோக்கிப் போகவேண்டும். இக் காரணத்தாலேயே மின்னணுக்கள் உட்கருவினை நெருங்கி அமைந்துள்ளன; இக் காரணத்தின் அடிப்படையிலேயே மின்னணுக் குழலில் நேர்-மின்வாய் அமைக்கப்பெற்றுள்ளது. நேர்-மின் வாயினின்றும் எப்பொழுதும் மின்னணுக்கள் வெளியேறிக் கொண்டேயிருக்கும்; இதனால் அந்த வாயிலுள்ள உட்கருக்கள் யாவும் மின்னணுக்களை உண்பதற்குப் பசியுடனிருக்கும். தம்முடைய முதல் உலோக வீடாகிய எதிர்-மின் வாயினின்றும் மின்னணுக்கள் விடுதலை பெற்றதும், அவை

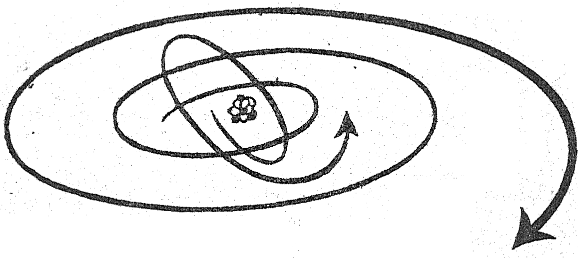
புதிய வீடாகிய நேர்-மின்வாயில் பசியுடனுள்ள உட்கருக்களால் சட்டென இழுத்துக்கொள்ளப் பெறுகின்றன.

ஒரு குறிப்பிட்ட மின்னணுக்குழல் தரும் சக்தியின் தன்மை அதிலுள்ள மின்னணுக்களின் எண்ணிக்கையையும், அவை நேர்-மின்வாயினைத் தாக்கும் வேகத்தையும் விசையையும் பொறுத்தது. எனவே, ஒரு மின்னணுக் குழலின் முதல்வேலை மின்னணுக்களைத் தம்முடைய மூலத்தினின்றும் பிரிப்பதாகும் என்பதை நாம் அறியவேண்டும். இதில் மின்னணுக்கள் உட்கருக்களினின்றும் கழன்று செல்கின்றன.

இதை ஓர் எடுத்துக்காட்டால் விளக்கலாம். ஒரு மரத்தாலான பந்தடிப் பலகையில் ஒரு பந்து ஓர் இரப்பர்ப் பட்டையினால் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. நாம் பந்தினைத் துள்ளிக் குதிக்குமாறு இயக்கினால், இரப்பர்ப் பட்டை திரும்பவும் பந்தினைப் பலகையை நோக்கி இழுத்துக்கொள்ளும். பந்து மேலும் மேலும் அதிகதூரத்தில் துள்ளிக் குதிக்குமாறு பலகையை இயக்கிக்கொண்டிருந்தால், ஒரு சமயத்தில் இரப்பர்ப் பட்டை அறுந்து பந்து வெட்டவெளியில் பறந்து செல்லும். ஆனால், இவ்வாறு பந்தினைத் துள்ளிக்குதிக்குமாறு செய்வதற்குப் பதிலாக அது பந்தடிப் பலகையைச் சுற்றிவருமாறு மிக வேகமாகச் சுழற்றினால், இரப்பர்ப் பட்டை மிக அதிகமாக நீண்டு பந்து நம்மைச் சுற்றி ஒரு பெரிய வட்டத்தை உண்டாக்கும். பந்து எவ்வளவுக்கெவ்வளவு வேகமாகச் சுழல்கின்றதோ அவ்வளவுக்கவ்வளவு பட்டையும் நீண்டு இறுதியில் அஃது அறுந்து போகும்.

மின்னணுக்கள் இவ்வாறுதான் விடுதலை பெறுகின்றன. மின்னணுக்கள் உட்கருவினைச் சுற்றி இத்தகைய ஒரு கற்பனை இரப்பர்ப் பட்டையால் இணைக்கப்பெற்றிருப்ப

தாகக் கருதுவோம். இவை தம்முடைய உட்கருவினின்றும் சிறிது சிறிதாக அகன்று செல்லுமாறு வல்லந்தம் செய்யப் பெறுகின்றன. இறுதியில் கற்பனை இரப்பர்ப் பட்டை அறுந்து மின்னணுக்கள் பறந்து செல்லுகின்றன. பெரும் பாலான மின்னணுக் குழல்களில் வெப்பம் (heat) இதனை நிறைவேற்றுகின்றது. வெப்பம் மின்னணுக்களை உட்

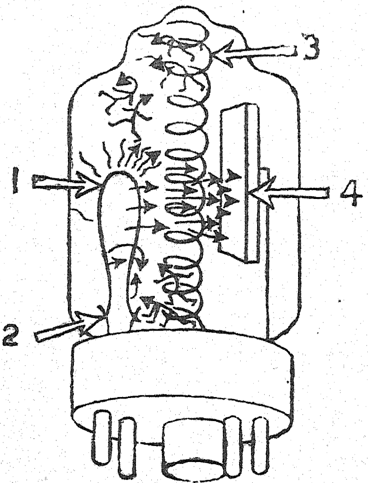


படம் 12. மின்னணுக்கள் அயனப் பாதையினின்றும் (orbit) கழல்கின்றது

கருவினை விரைவாகச் சுற்றிவருமாறு செய்து எளிதில் கழலச் செய்கின்றது. நாம் வெப்பத்தினைக்கொண்டு ஒரு பொருளினை உருகச் செய்யும்பொழுது இதே செயல்தான் நிகழ்கின்றது. உறைந்த மெழுகிலிலுள்ள மின்னணுக்களை விட உருகிய மெழுகிலுள்ள மின்னணுக்கள் மிகக் குறைந்த இறுகிய நிலையில்தான் பிணைந்துள்ளன.

மின்னோட்டம் எதிர்-மின்வாயைச் சூடாக்குவதால் அதிலுள்ள மின்னணுக்கள் மிக விரைவாகக் கழன்று இறுதியில் அயனப் பாதையினின்றும் கழன்று விடுகின்றன. அவை விடுதலைபெற்றவுடன் நேர்-மின்வாயிலுள்ள நேர் மின்சாரம் அவற்றை இழுக்கின்றதால் அவை குழலின் குறுக்கே பாய்ந்து அவற்றுள் மோதுகின்றன.

இழை அல்லது எதிர்-மின்வாய்க்கும் நேர்-மின்வாய்க்கும் இடையில் சாதாரணமாக மின்னணுக்களைக் கட்டுப்படுத்துவதற்கு ஒரு வழி இருக்கின்றது. சில சமயம் இங்ஙனம் கட்டுப்படுத்துதல் மின்னணுக்களாலேயே நடைபெறுகின்றது. எதிர்-மின்வாயினின்றும் ஏராளமான மின்



படம் 13. ஒரு வானொலிக் குழலின் அமைப்பு

1. கம்பி இழைதான் மூலம் (source).

2. இங்கிருந்து மின்னோட்டம் கம்பி இழையைச் சூடாக்குகின்றது.

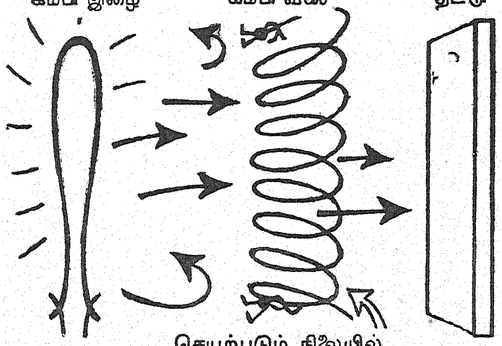
3. கம்பிவலை.

4. மின்னணுக்கள் கம்பி இழையினின்று வெளிப் போந்ததும் அவை தட்டினுல் (நேர் மின்வாய்) சட்டெனக் கவரப் பெறுகின்றன.

னணுக்கள் நேர்-மின்வாயை நோக்கித் தாண்டிக் குதித்தால் அவை எதிர்-மின்வாயில் ஒரு திரைபோல் குழுவாகத் திரள்கின்றன. அவை சென்ற பிறகு எதிர்-மின்வாயினின்றும் கிளம்பும் மின்னணுக்கள் இந்தத் திரையினுள் நுழைய

முடிவதில்லை. ஆகவே, அவை போவதற்கு இடமின்றி திரும்பவும் எதிர்-மின்வாயையே அடைந்து விடுகின்றன. திரையாகவுள்ள மின்னணுக்கள் தகட்டால் இழுக்கப்பெறும் வரை இச்செயல் நிகழ்ந்து கொண்டிருக்கின்றது.

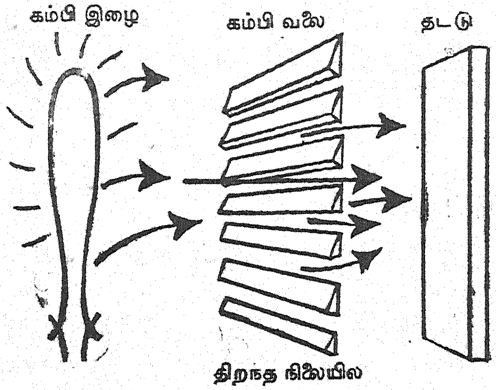
சில மின்னணுக் குழல்களில் மின்னணுக்களைக் கட்டுப் படுத்துவதற்கு உண்மையிலேயே திரை யொன்று வைக்கப் பெறுகின்றது. இத்திரை கம்பிவலை (grid) என்று வழங்கப் பெறுகின்றது. படத்தை உற்று நோக்கினால் இந்தக் கம்பி வலையின் இருப்பிடத்தை அறியலாம். இந்தக் கம்பிவலை



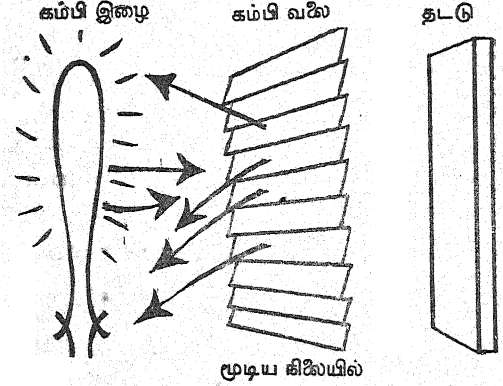
படம் 14 அ. கம்பிவலை காணப்படும் நிலை

ஒரு வெனீஷியன் சாளரம் போல் (venetian blind) இயங்கு கின்றது. இச் சாளரத்தின் பலகைகள் யாவும் திறந்த நிலையிலிருக்கும்பொழுது ஏராளமான சூரிய ஒளி அறை யினுள் நுழைவதைப்போலவே, கம்பிவலை திறந்த நிலையி லிருக்கும்பொழுது எல்லா எதிர் மின்னணுக்களும் நேராகப் பாய்ந்து செல்லுகின்றன. சாளரத்தின் பலகைகள் யாவற்றை யும் மூடிவிட்டால் கதிரவன் ஒளி மிகக் குறைவாகவே செல்லு கின்றது. ஒரு மின்னணுக் குழலில் கம்பிவலையின் திறப்புக்

கள் மூடப்பெற்ற நிலையில் ஒருசில மின்னணுக்களை பாய்ந்து செல்ல முடிகின்றன. கம்பிவலையின் பல நிலைகளும் படத்தில் (14அ, 14ஆ, 14இ) காட்டப்பெற்றுள்ளன.



படம் 14 ஆ. திறந்த நிலையிலுள்ள கம்பி வலை



படம் 14 இ. மூடிய நிலையிலுள்ள கம்பி வலை

ஒரு மின்னணுக் குழலிலுள்ள கம்பி வலை ஒரு திரை போல் இருக்கும்; அல்லது ஒரு மெல்லிய கம்பிச் சுருள்

போல் காணப்பெறும்; அல்லது பல துளைகளைக் கொண்ட ஒரு தகடாகவும் இருக்கும். ஆகவே, அதில் ஒரு பொறி நுட்பம்போல் மூடவோ திறக்கவோ யாதோர் அமைப்பும் இல்லை. அப்படியானல் அஃது எப்படி வேலைசெய்கின்றது? திரையில் மின்னேட்டம் ஓடிக் கொண்டிருக்கின்றது. மின்னேட்டம் என்பது மின்னணுக்களே என்று நமக்குத் தெரியும்; குழலிலுள்ள தனி மின்னணுக்கள் அதினின்றும் பின்னேக்கிக் குதித்து வருகின்றன. கம்பி வலையிலுள்ள எதிர் மின்சாரம் எதிர் மின்னணுக்களை வெறுத்தொதுக்குகின்றன என்று நாம் பேசுகின்றேம்.

இரண்டு பொம்மை காந்தங்களின் (toy magnets) முனைகள் ஒன்றேடொன்று பொருந்துமாறு அவற்றை ஒன்று சேர்த்தால் சில சமயம் அந்தக் காந்தங்கள் இரண்டும் ஒட்டிக் கொள்வதையும் சில சமயம் அவை ஒட்டாமல் பிரிந்து விலகுவதையும் நாம் பார்த்திருக்கின்றேமல்லவா? காந்தத்தின் ஒரு முனை பிறிதொன்றினின்றும் வேறுபட்டது. இந்த முனைகளிரண்டையும் நேர் மின்சாரம், எதிர் மின்சாரங்களுடன் ஒப்பிடலாம். காந்தங்கள் இரண்டும் ஒட்டிய நிலையிலிருக்கும்பொழுது ஒவ்வொன்றின் எதிர் முனை அல்லது துருவம் (pole) பிறிதொன்றின் நேர்த் துருவத்துடன் தொட்டுக் கொண்டிருந்தன. அவை ஒட்டாத நிலையில் இரண்டு நேர்த் துருவங்களும் இரண்டு எதிர்த் துருவங்களும் நெருங்கி யிருக்குமாறு வைக்கப் பெற்றிருந்தன. இதனல் அவை ஒன்றையொன்று வெறுத்தொதுக்கின.

மேலே கூறிய முறையைப் போலவே அதிகமான எதிர் மின்சாரம் கம்பி வலையில் பாய்ந்து செல்லும் பொழுது, குறைந்த எதிர் மின்னணுக்களே தட்டினை அடைதல் முடியும். கம்பி வலை தன்னிடம் மூடிகளிருப்பதைப் போல மடிக்

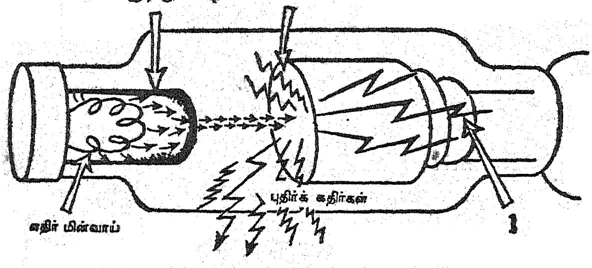
கொள்ளுகின்றது. கம்பி வலை, போக்கு-வரவினைக் கட்டுப் படுத்தும் ஊர்க்காவலன் (traffic policeman) போல் செயற் படுகின்றது. அது மின்னணுக்களை நிறுத்துகின்றது ; பிறகு விடுகின்றது. இதனால் மின்னணுக்களின் போக்கு— வரவு சிக்கிக்கொண்டு திண்டாடுவதில்லை.

படம் 15. கம்பி வலை போக்கு வரவினைக் கட்டுப்படுத்தும் ஊர்க்காவலன்போல் இயங்குதல்

எதிர்-மின்வாய்க்கும் நேர்—மின்வாய்க்கும் இடையே யுள்ள மின்னணுக்கள் வேறு முறைகளிலும் கட்டுப் படுத்தப் பெறுகின்றன. சில சமயங்களில் மின்னணுக்களை ஒரு கற்றை போல் (beam) திரட்டும் எதிர்—மின்வாய்க்கு மேல் ஒரு மேலுறை இருப்பதுண்டு. எதிர் மின்சாரத்தைப் பயன்படுத்தியோ, அல்லது காந்தங்களைக் கையாண்டோ இந்தக் கற்றை முன்னும் பின்னுமாக ஊசலாடுமாறு செய்யப் பெறுகின்றது. ஆனல், கம்பி வலை வழக்கம் போல் மின்ன ணுக்களைக் கட்டுப்படுத்தும் வழியாகவே உள்ளது. இவ்

வகைக் குழல் ஒரு சூடான எதிர்-மின்வாயையும் மின்னணுக்களைக் கட்டுப்படுத்தும் கம்பி வலையையும் கொண்ட ஒரு வெற்றிடக் குழலாகும். இவ் வகைக்குழலே சாதாரணமாக எங்கும் பெரு வழக்காக உள்ளது. வானொலிக் குழல்கள் யாவும் இவ்வகையைச் சார்ந்தனவே.

வேறொருவித மின்னணுக் குழல் எதிர்–மின்வாயையும் நேர்–மின்வாயையும் வேறுவிதமாகப் பயன்படுத்துகின்றது. இதிலுள்ள நேர்-மின்வாயின் அளவுக்குமீறிய நேர் மின்னூட்டம் சூடான எதிர்–மின்வாயினின்றும் நேராக வரும் மின்னணுக்களைச் சட்டெனப் பற்றிக்கொள்ளுகின்றது. மேலும், இங்கு மின்னணுக்கள் இரண்டு வாய்களுக்கும் இடையேயுள்ள ஒரு வகைத் துப்பாக்கியால் சுட்டெறியப் பெறுகின்றன. இந்த மின்னணுக்கள் மிக வேகமாகவும்



படம் 16. புதிர்க்கதிர்கள் வெளிவருதல்

1. இங்கிருந்து உயர்ந்த மின்னழுத்தம் வருகின்றது

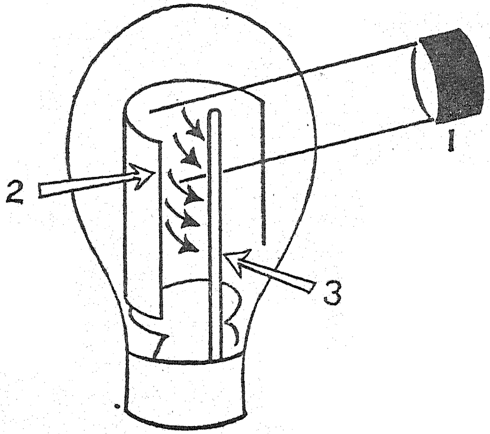
விசையுடனும் நேர்–மின்வாயினுள் நெறித்துத தள்ளி அங்குள்ள அணுக்களைச் சிதறச் செய்கின்றன. இவ்வாறு சிதறிய அணுக்கள் மீண்டும் அமைதியடையத் தொடங்கும் பொழுது அவை சக்திவாய்ந்த கதிர்களை வெளிவிடுகின்றன இவற்றை நாம் புதிர்க் கதிர்கள் (x-rays) என்று வழங்குகின்

றேம். இவற்றைப் படத்தில் காணலாம். இத்தகைய மின்னணுக்குழல் புதிர்க் கதிர்க்குழல் (x-ray tube) எனப்படும்.

எவ்வளவுக் கெவ்வளவு மின்னணுக்கள் நேர்–மின்வாயை வன்மையாகத் தாக்குகின்றனவோ, அவ்வளவுக் கவ்வளவு வெளியில் வரும் புதிர்க்கதிர்கள் குட்டையாகவும் வன்மையாகவும் இருக்கும். இதனுல்தான் எஃகினைத் துளைத்துச் செல்லும் புதிர்க் கதிர்களை உண்டாக்கும் குழல்கள் இலட்சக்கணக்கான வோல்ட்டுக்களைக் கொண்ட சக்தியால் இயக்கப்பெறுகின்றன; தசையையும் எலும்பினையும் ஊடுருவிச் செல்லும் புதிர்க்கதிர்களுக்கு அதிக வோல்ட்டுக்கள் தேவையில்லாது போகின்றது.

சில வகை மின்னணுக் குழல்களில் மின்னணுக்களின் மூலம் (source) ஒரு வளைந்த உலோகத் தகடாக இருக்கும்; அல்லது குழலிலேயே அமைக்கப்பெற்ற பிரத்தியேகமான பூச்சாகவும் இருக்கும். வேறு எதிர்–மின்வாய்கள் வெப்பத்திற்கு எதிர்வினை புரிவது போலவே, இஃது ஒளிக்கு எதிர்வினை புரிகின்றது. ஓர் ஒளிக்கற்றை, மூலத்திலிருந்து மின்னணுக்களைத் துரத்திச் செல்வதற்குப் பயன்படுத்தப் படுகின்றது. இந்த மின்னணுக்கள் குழலின் குறுக்கே நேர்–மின்வாயை நோக்கிப் பாய்கின்றன. இது படத்தில் (படம் 17) காட்டப்பெற்றுள்ளது. எதிர்–மின்வாயில் விழும் ஒளி எவ்வளவுக் கெவ்வளவு பிரகாசமாக இருக்கின்றதோ, அவ்வளவுக் கவ்வளவு வேகமாக மின்னணுக்கள் அதில் நகர்ந்து தாண்டிக் குதிக்கின்றன. இந்தவிதமான குழல் ஒளிக் குழல் (photo tube) அல்லது மின்சாரக்கண் (electric eye) என்று வழங்கப்பெறுகின்றது. இவ்வகைக் குழல்கள் "மந்திர" ஊற்றுக்களிலும் (magic fountains) திருடர்கள் வருவதை அறிவிக்கும் மணியமைப்புக்களிலும் (burglar

alarm), தாமாகத் திறக்கவும் மூடவும் அமைந்த கதவுகளிலும் பயன்படுகின்றன. அசையும் படத்தின் ஒலியமைப்பும் மின் சாரக்கண்ணுல் இயக்கப்பெறுகின்றது.

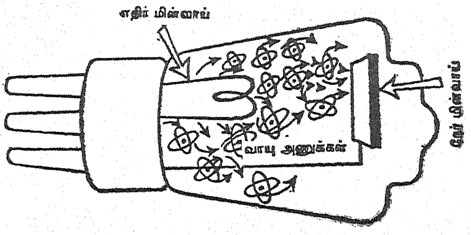


படம் 17. "மின்சாரக்கண்" செயற்படும் முறை

1. மூலத்தின் மீது ஒளி பிரகாசிக்கின்றது.
2. எதிர் மின்வாய்.
3. மின்னணுக்கள் நேர் மின்வாய்க்குப் பாய்கின்றன.

வேறு சில மின்னணுக் குழல்கள் மிகச் சிறிய அளவு களில் பிரத்தியேகமான வாயுக்களைக் கொண்டுள்ளன. சூடாக்கப்பெற்ற கம்பி இழையினின்றும் மின்னணுக்கள் தாண்டிக் குதிக்கும்பொழுது அவை குழலிலுள்ள வாயு அணுக்களுடன் மோதி அவற்றின் சில மின்னணுக்களைத் தகர்த்தெறிகின்றன. ஓர் அணு ஓர் மின்னணுவைப் பெற்ருலும் அல்லது இழந்தாலும், நாம் அந்த அணுவை அயனியானதாகக் (ionized) கூறுகின்ருேம். இத்தகைய அணுக்கள், அயனிகள் (ions) என்று வழங்கப்பெறுகின்றன.

படத்தில் இது காட்டப் பெற்றுள்ளது. ஒரு மின்னணுவை இழந்த அயனிகள் நேர் மின்சாரத்துடனிருக்கும்; ஆகவே, அவை நேர்-மின்வாயினின்றும் அப்பால் விலகித் திரும்பவும் எதிர் மின்சாரமுள்ள எதிர்-மின்வாயை நோக்கி வரும்.

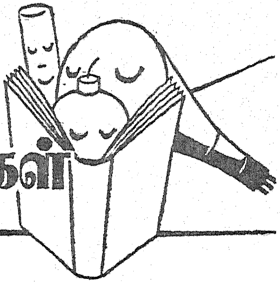


படம் 18. வாயுக் குழல் இயங்கும் முறை

இந்த அயனிகள் மின்னணுக்கள் கடந்து செல்லுவதற்கு ஒரு நேர் மின்சாரப் பாலத்தை அமைக்கின்றன. எதிர்-மின் வாயினின்றும் புதிய மின்னணுக்கள் தாண்டிக் குதிக்கும் பொழுது, அவை வாயு அணுக்கள் உள்ள இடங்களில் நிரம்புகின்றன. இந்த இடங்களில் வேறு மின்னணுக்கள் அடித்துப்போகப் பெறுகின்றன; ஆனால் முறைப்படி அதிகமான மின்னணுக்கள் மோதப்பெறுகின்றன. வாயு அணுக்களிலுள்ள மின்னணுக்களும் எதிர்-மின்வாயி னின்று வரும் மின்னணுக்களும் ஒன்றுசேர்ந்து ஒரு வன்மையான மின்னோட்டமாகத் தகட்டை நோக்கிப் பாய் கின்றன. அதிகமான சக்தி தேவைப்படும் தொழிற்சாலை களில் இத்தகைய சில குழல்கள் பயன்படுத்தப்பெறுகின்றன. அலுமினியத்தைக்கொண்டு பாத்திரங்கள் செய்யுமிடங்களி லும் விமானங்கள் செய்யுமிடங்களிலும் வாயுக் குழல்கள் பயன்படுகின்றன. ஒளிரும் விளக்குகள் (fluorescent lights) யாவும் வாயுக் குழல்களே. கைகர் எண்-கருவியினை இயக்கு வதும் ஒருவகை வாயுக் குழலே.

இத்தகைய குழல்கள் நாடோறும் சில வியத்தகு செயல்களை ஆற்றுவதைப் பின்னால் காணப்போகின்றோம். சில குழல்கள் எளியமுறையில் அமைந்தவை. சிலவற்றின் அமைப்புக்கள் பல குழல்களின் தொகுதிகளைக் கொண்டவை. இன்னும் சிலவற்றில் மிகச் சிக்கலான பகுதிகள் சேர்க்கப் பெற்றுச் சில பிரத்தியேகமான செயல்களில் பயன்படுகின்றன. மின்னணுத் துறையில் அடிப்படையாகச் செயற்படுவது மின்னணுக்குழலேயாகும் என்பதை நாம் உணர வேண்டும்.

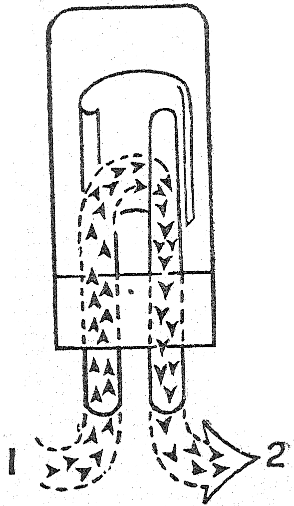
4. மின்னணுக் குழல்களின் பணிகள்



மின்னணுக்களைக் கட்டுப்படுத்தும் மின்னணுக்குழல்கள்தாம் பல்வேறு பணிகளைச் செய்துவருகின்றன. இப் பணிகள் மிகக் குறுகிய காலத்தில்—மின்னணுக்கள் குழலுக்குள் குறுக்கே செல்லும் காலத்தில்—செய்யப்பெறுகின்றன. மின்னணுக்களை அடைதல், அவற்றின்வேகத்தை வளர்த்தல் அல்லது குறைத்தல், அவற்றை ஏதாவது ஒரு பக்கமாகத் திருப்பிவிடல், அவற்றைத் தொடக்கி நிறுத்தல் போன்ற பணிகளை இக்குழல்கள் நிறைவேற்றுகின்றன. ஒரு கம்பியினுள் செல்லும் மின்னணுக்களைக்கொண்டு இச்செயல்களை நிறைவேற்ற முடியாது. கம்பியிலுள்ள மின்னணுக்களை மிகச் சரியாகக் கட்டுப்படுத்தல் மிகச் சிரமமானது ; இயலாதது என்று கூடச் சொல்லலாம்.

மின்னோட்டம் செல்லும கமபியல மன்னணுக்குழல் உண்மையில் ஓர் இடைவெளி என்று சொல்லலாம். இந்த இடைவெளி காற்று புகாதவாறு ஒரு கண்ணாடி அல்லது உலோகத்தால் மூடி வைக்கப்பெற்றுள்ளது. ஒரு கம்பியில் ஒழுங்காகப் பாய்ந்து செல்லும் மின்னோட்டத்திற்கு மின்னணுக் குழல் ஒரு தடை அல்லது குறுக்கீடு போல் அமைந்துள்ளதுஎன்று சொல்லலாம். இக் குழல் தானாக ஒன்றும்

செய்யமுடியாது; ஆனல், மின்னேட்டத்தை ஒரு பிரத்தியேக மான முறையில் தொடங்கி ஒரு பிரத்தியேகமான செயலை நிறைவேற்ற முடியும். அது கிட்டதட்ட நம் சமையலறையி லுள்ள தொட்டியினின்று பாயும் தண்ணீரைக் கட்டுப் படுத்தும் ஒரு வகைத் திருகு குழலைப் (faucet) போன்றது.



படம் 19. மின்னணுக் குழல் மின்சுற்றின் ஒரு பகுதி என்பதை விளக்குவது

1. மின்னேட்டம் எதிர்-மின்வாய்க்குள் வருதல்.
2. அது நேர்-மின்வாயினுள் குறுக்கே பாய்ந்து வெளியேறுதல்.

சாதாரணமாக ஒரு மின்னணுக் குழல் ஒரு மின் சுற்றின் ஒரு பகுதியாகவே இருக்கும். இதைப் படம் விளக்குகின்றது. ஒரு மின்னேட்டத்தின் முற்றுப் பெற்ற பாதையே மின்சுற்று ஆகும் என்பதை நாம் அறிவோம். ஓர் ஆற்றல் நிலையத்தில் மின்னணுக்கள் இயங்கச் செய்யப்பெறுகின்றன; அவை ஒருங்கு சேர இயங்கினவுடன் அவை ஒரு மின்னேட்டமாக

மாறுகின்றன. இந்த மின்னோட்டம் கம்பிகளின் வழியாகச் சென்று, தன்னுடைய பணியைச் செய்து முடித்துத் திரும்பவும் தான் தொடங்கின இடத்திற்கே வந்து விடுகின்றது. இதே மின்னணுக்கள்தாம் புதிய தள்ளுதல்களை மேற்கொண்டு அதே மின்சுற்றில் மீண்டும் மீண்டும் பயன்படுத்தப்பெறுகின்றன.

மின்னணுக்குழலை ஒரு பகுதியாகக் கொண்ட ஒரு மின்சுற்றில் மின்னோட்டம் எதிர்-மின்வாய் வழியாகக் குழலுக்கு வருகின்றது. தனி மின்னணுக்கள் குழலின் குறுக்கே நேர்-மின்வாய்க்குப் போகின்றன. இந்த மின்னோட்டம் ஒரு விதத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட பணியைச் செய்வதற்காக மாற்றம் அடைந்து நேர்-மின்வாயை விட்டு வெளிச்சென்று வேறொரு கம்பியின் மூலம் மின்சுற்றை முற்றுப்பெறச் செய்கின்றது. இந்த மின்னோட்டம் குழலினுள் இருக்கும் பொழுதே தனி நிலையில் தன் பணியை நிறைவேற்றுகின்றது; சில சமயம் அது குழலைவிட்டுக் கம்பியை மீண்டும் அடைந்த பிறகு தன்னுடைய பணியைச் செய்கின்றது.

மின்னணுக்கள் தம்முடைய பணியைச் செய்யாவிட்டாலும், எதிர்-மின்வாய்-நேர்-மின்வாய்ச் சுற்று முற்றுப் பெறுதல் வேண்டும். குழலில் மின்னணுக்கள் தம்முடைய பணியைச் செய்துவிட்டாலும், அவை உடனே வெளியேற வேண்டும். இதனால் அவை தமக்குப் பின்னால் எதிர்-மின்வாயினின்றும் வரும் மின்னணுக்களுக்குத் தடையாக இருக்க வேண்டியதில்லை.

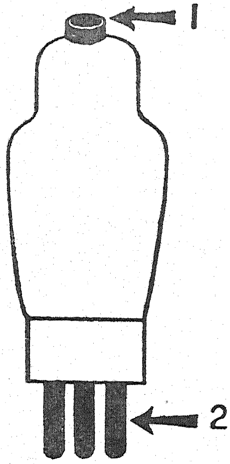
சில மின்னணுக் குழல்களில் எதிர்-மின்வாய்—நேர்-மின்வாய்ச் சுற்றுமட்டிலும் உள்ளது; ஆனால், வேறு சில குழல்கள் துணைபுரியும் சுற்றுக்களைக் கொண்டுள்ளன. எடுத்துக்காட்டாக, ஓர் ஒளிக் குழலுக்குத் துணைபுரியும்

சுற்று தேவையில்லை. ஏனெனில், மின்னணுக்களை விடுதலை செய்யும் ஒளி குழலின் வெளியிலிருந்து பிரகாசிக்கின்றது; இந்த ஒளி, குழலுடன் எவ்விதத்திலும் தொடர்புகொள்ள வில்லை. எதிர்-மின்வாய் சூடாக்கப்பெறவேண்டுமாயின், இந்தச் சூட்டினைத் தருவதற்கு இரண்டாவது சுற்று ஒன்று இருக்கவேண்டும். அந்தக் குழலில் கம்பிவலை (grid) ஒன்றிருந்தால், அக் கம்பிவலையிலுள்ள மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்த மூன்ருவது சுற்று ஒன்று இருக்கவேண்டும்.

பெரும்பாலான மின்னணுக் குழல்களில் சூடான எதிர்-மின்வாய், ஒரு நேர்-மின்வாய், ஒரு கம்பி வலை ஆகிய மூன்றும் இருப்பதால், அவை குறைந்தபட்சம் மூன்று தனித்தனி சுற்றுக்களைக் கொண்டிருக்கவேண்டும். ஒரு மின்னணுக்குழலைப் பார்த்தவுடன் அதில் எத்தனைச் சுற்றுக்கள் இருக்கின்றன என்று நாம் சொல்லிவிடலாம். குழலுக்கு வெளியே நீட்டிக் கொண்டிருக்கும் சிறிய கவர் முட்களைக் (prongs) கொண்டே இதைக் கூறிவிடலாம். இந்தக் கவர் முட்கள் கோடிகள் (terminals) என்று வழங்கப் பெறுகின்றன; அவைதாம் மின்சுற்றுக்களுக்கும் குழலுக்கும் பொருத்துவாயாக அமைகின்றன. ஓர் ஒளிக்குழலில் இரண்டு கோடிகள் உள்ளன. இவற்றுள் ஒன்றன் வழியாக எதிர்-மின்வாய்க்கு மின்னோட்டம் வருகின்றது; பிறிதொன்றன் வழியாக அது நேர்-மின்வாயினின்றும் வெளியேறுகின்றது.

சூடான இழையையும் நேர்-மின்வாயையும் கொண்ட குழலில் மூன்று கோடிகள் இருக்கும். இவற்றுள் ஒன்று இழையின் ஒவ்வொரு முனைக்கும் மற்ருென்று நேர்-மின்வாய்க்குமாக அமைந்துள்ளன. இந்த நேர்-மின்வாய் சுற்றினை முற்றுப்பெறச் செய்கின்றது. இதனைப் படத்தில் (படம் 20) காணலாம்.

எதிர்-மின்வாய் தனியாகச் சூடாக்கப்பெறும் குழல்களில் நான்கு கோடிகள் உள்ளன. உள்ளே வரும் மின்னோட்டம் இரண்டு கோடிகளில் பாய்கின்றது. ஒரு கோடி, மின்னணுக்களை மூலத்திற்குக் கொண்டு வருகின்றது; மற்றொரு கோடி, அவை கொதிப்பதற்குச் சூட்டினைத் தரு



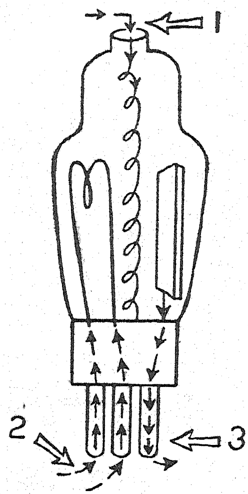
படம் 20. மூன்று கோடிகளுள்ள குழல்

1. கம்பிவலையின் கோடி (இது சில சமயம் குழலின் உச்சியில் இருக்கலாம்).

2. குழலின் கோடிகள்.

கின்றது. மீதியுள்ள இரண்டு கோடிகளும் இந்த ஒவ்வொரு சுற்றுக்களையும் முற்றுப்பெறச் செய்கின்றன. இதனைப் படம் 21 விளக்குகின்றது. இக்குழலில் ஒரு கம்பி வலை இருப்பின், அங்கு மற்றொரு கவர்முள் இருக்கும்; அது. கம்பிவலை (grid) மூலம் மின்னோட்டத்தைக் கொணர்கின்றது. இந்தச் சுற்று நேர்-மின்வாயுடன் முற்றுப்பெறுகின்றது.

நம்முடைய வானொலிப் பெட்டியிலுள்ள குழல்களைப் போன்ற ஒரு குழலில் ஐந்துக்கு மேற்பட்ட கோடிகள் காணப்பெறின், அக்குழல் பல்வேறு விதமாக இருப்பதாகக் கருதலாம். அக்குழலில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட கம்பி வலை இருக்கலாம்; இதில் ஒவ்வொரு கம்பி வலைக்கும் அதிகப் படியான ஒரு கோடி இருக்கவேண்டும். அல்லது அக்குழல்



படம் 21. நான்கு கோடிகளுள்ள குழல்

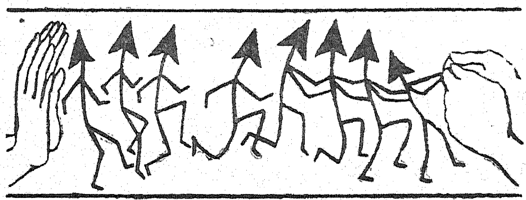
1. கம்பி வலையின் ஒரு கோடி.
2. கம்பி இழையின் இரண்டு கோடிகள்.
3. நேர்-மின்வாயின் ஒரு கோடி.

ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட எதிர்-மின்வாயைப் பெற்றிருக்கலாம். அக்குழலில் ஒழுங்கான முறையில் பல்வேறு கோடிகள் இருப்பின் அஃது ஓர் உறையால் மூடப்பெற்ற இரண்டு குழல்கள் அடங்கிய ஓர் அமைப்பாகவும் இருக்கலாம். குழலின் ஒவ்வொரு பகுதியிலும் செல்லும் மின்னோட்டம்

வெவ்வேறு செயல்களைச் செய்யவேண்டியிருப்பதால், இவை யாவும் ஒன்றோடொன்று கலவாமல் இருப்பது எவ்வளவு முக்கியமானது என்பதை நாம் அறிதல் வேண்டும்.

வானொலிக் குழல்கள் தம்முள் புகும் மின்னோட்டத்தில் ஒருசில மாற்றங்களைச்செய்து ஆயிரக்கணக்கான பணிகளைச் செய்கின்றன. அந்த மாற்றங்கள் யாவை என்பதைக் காண்போம்.

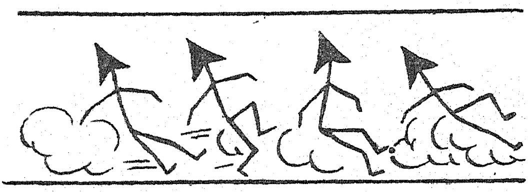
கட்டுப்படுத்துதல் : ஒரு கம்பியில் பாய்ந்து செல்லும் மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்துவது மிகச் சிரமமான காரியம். சில வேலைகளில் மின்னோட்டத்தை நிமிட மொன்றுக்கு ஆயிரக்கணக்கான தடவைகள் நிறுத்தவும்



படம் 22. ஒரு கம்பியிலுள்ள மின்னணுக்களைப் புறப்படச் செய்வதற்குத் தள்ளவும் வேண்டும்; இழுக்கவும் வேண்டும்

ஓடவும் செய்யவேண்டியிருக்கும். இதைச் சாதாரணமாக ஒரு பொத்தானைக் கொண்டு (switch) செய்யமுடியாது. ஒரு கடத்தியிலுள்ள மின்னணுக்கள் தமக்கு யாதொரு தொல்லையும் இல்லாதிருக்கவே விரும்புகின்றன. தாம் ஒரு மின்னோட்டமாகப் பாய்ந்து செல்லாதிருக்கும்பொழுது தாம் புறப்படுவதற்கு விரும்புவதில்லை; அவற்றைப் பலமாகத் தள்ள வேண்டியுள்ளது. அவை பாய்ந்து சென்று கொண்டிருக்கும்பொழுது தம்மை நிறுத்துவதற்கும் அவை விரும்புவதில்லை. இதைப் படங்கள் 22, 23 விளக்குகின்றன.

இவ்வுலகில் இயங்கிச் செல்லும் ஒவ்வொரு பொருளுக்கும் இவ்வுண்மை பொருந்தும். இத்தன்மை சடத்துவம் (inertia) என்று வழங்கப்பெறுகின்றது. நாம் பொத்தானைப் போட்டு நிறுத்திய பிறகும், நிற்பதற்கு முன்னர்ச் சிறிது மின்னணுக்கள் பாய்ந்து கொண்டிருக்கின்றன. இக் காரணத்தினுல்தான் ஒரு மின்சுற்றில் பொருத்தம் சரியாக இல்லா



படம் 23. மின்னணுக்கள் நிற்கும்பொழுது வழுக்கிச் செல்லுகின்றன

திருக்கும் இடத்தில் நாம் மின்பொறிகளைக் காண்கின்ருேம். ஆகவே, விநாடிக்கு ஆயிரக்கணக்கான தடவைகள் ஒரு மின்னேட்டத்தை ஓட்டவும் நிறுத்தவும் முடியாதென்பதை நாம் அறிகின்ருேம். மின்னணுக்குழல் இக் கட்டுப்படுத்தும் வேலையைச் செய்கின்றது.

ஒரு குழலில் மின்னணுக்கள் தனி நிலையில் இருந்தால் அவை தட்டுக்குச் செல்வதைக் கம்பி வலையைக்கொண்டு விநாடிக்கு இலட்சக்கணக்கான முறை நிறுத்தவும் செய்யலாம்; செலுத்தவும் செய்யலாம். கம்பி வலையில் தேவையான அளவு எதிர் மின்சாரம் இருக்கும்பொழுது, அதன் மூலமாக ஒரே ஒரு மின்னணுகூடத் தட்டினை அடைதல் இயலாது. இது திடீரென்று ஒருவர் புகாதவாறு கதவுகளை மூடுவதைப் போன்றது; உடனே மின்னேட்டமும் நின்று போகின்றது. கம்பி வலையிலிருந்து எதிர் மின்சாரம் நீக்கப்பெற்றதும், அதன் அருகில் உந்தப்பெருமல் சூழ்ந்து

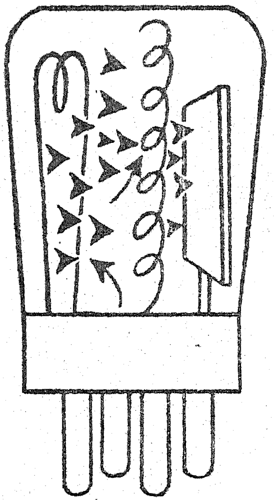
கொண்டிருக்கும் மின்னணுக்கள் கம்பி வலையின் வழியாகத் தட்டிற்குப் பாய்கின்றன ; இப்பொழுது மின்னோட்டம் மீண்டும் தொடங்குகின்றது. ஒளியைப் போலவே மின்னணுக்களும் விநாடி யொன்றுக்கு 1,86,000 மைல்கள் வீதம் பிரயாணம் செய்வதால், அவை எவ்வளவு விரைவாகக் கம்பி வலையிலிருந்து தட்டிற்கு உள்ள மிகச் சிறிய தூரத்தைக்

படம் 24. கம்பிவலையால் மின்னணுக்கள் உடனே நிறுத்தப்பெறுவதைக் காட்டுவது

கடந்து செல்லுகின்றன என்பதை நாம் எண்ணிப் பார்க்கலா மல்லவா? இத்தகைய வியப்படையச் செய்யும் விரைவான மாற்றங்களைக் கற்பனையிலும் காண்பது கடினம்; ஆனால், அவை மின்னணுக் குழல்களில் நிகழ்கின்றன.

இக் குழல்கள் இன்னொரு பணியையும் செய்கின்றன; இவை கம்பியில் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் அளவினையும்

(amount) கட்டுப்படுத்துகின்றன. இதைப் படம் காட்டு கின்றது. ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு மின்னோட்டம் பாய்ந்து கொண்டிருக்கும் கம்பியில் அதன் பாதியை மட்டிலும் நாம் பயன்படுத்த விரும்பினால், கம்பி வலையில் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு எதிர்-மின் அழுத்தத்தைச் செலுத்திப் பாதியளவு மின்னணுக்களே பாயும்படி செய்யலாம். யாதாவது ஒரு



படம் 25 ஒருசுற்றில் செல்லும் மின்னோட்டத்தின் அளவினைக் கட்டுப்படுத்துவதைக் காட்டுவது

வேலையில் ஒரே அளவுள்ள மின்சாரம் ஒரே நிதானமாகப் போகவேண்டுமாயின் மின்னணுக் குழலைக்கொண்டு அதிக மின்றியும் குறைவின்றியும் கம்பியில் மின்சாரம் பாயும்படி செய்யலாம்.

மின்னணுக் குழல்கள், மின்னணுக்கள் அருவியின் திசையையும் (direction) கட்டுப்படுத்துகின்றன. சில குறிப்

பிட்ட, குழல்களில் மின்னணுக்கள் தட்டிலுள்ள ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளி அல்லது புள்ளிகளில் தாக்குமாறு செய்வதும், அல்லது ஒரு பிரத்தியேகமான முறையில் கடந்து செல்லுமாறு செய்வதும் மிகவும் முக்கியமானதாகும். மின்னணுக் குழல்கள் இந்த மின்னணு அருவிகளின் திசையைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன; அவற்றைக் காந்தப் புலங்களின் வழியாக அல்லது மின்–காந்தப் புலங்களின் வழியாகப் பாயுமாறு செய்து கட்டுப்படுத்துகின்றன. இந்தப் புலங்கள் நேர்ப் புலங்களாக இருப்பின், மின்னணு அருவிகள் அவற்றை நோக்கித் தாவுகின்றன; அவை எதிர்ப் புலங்களாயிருப்பின், அவற்றினின்று அப்பால் தாவுகின்றன.

தட்டில் அதிகமான நேர்-மின் அழுத்தத்தைப் பிரயோகித்து, குழலின் வழியாகச் செல்லும் மின்னணுக்களின் வேகத்தையும் (speed) அவை தட்டினைத் தாக்கும் விசையையும் (force) நாம் மின்னணுக் குழல்களின் துணையால்கட்டுப்படுத்தமுடியும்.

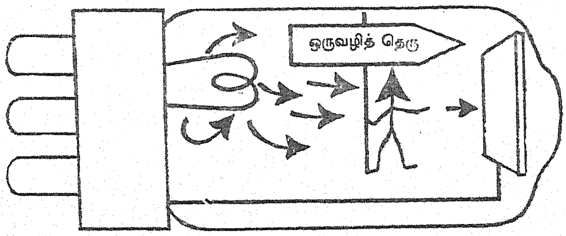
திருத்துதல்: மின்சாரம் செல்லும் கம்பிகளின் வழியாக இரண்டு விதமான மின்னோட்டங்கள் செல்லுகின்றன. ஒரு வகை மின்னோட்டம் ஒருதிசை மின்னோட்டம் எனப்படும்; இதில் மின்னோட்டம் ஒரே திசையில் செல்லும். அஃதாவது, ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் ஒரு விநாடியில் ஒரே விதமாக மின்னணுக்கள் ஓடிவந்து கொண்டிருக்கும். இன்னொரு வகை மின்னோட்டம் இருதிசை மின்னோட்டம் என்று வழங்கப்பெறும்; இதில் மின்னோட்டம் ஓர் ஒழுங்கில் தன்னுடைய திசையில் சதா மாறிக்கொண்டே இருக்கும்; முதலில் ஒரு திசையிலும் அடுத்து மறு திசையிலும் இங்ஙனம் தொடர்ந்து செல்லும். சாதாரணமாக நம்முடைய ஊர்களில் கம்பிகளில் செல்லும் மின்சாரம் இவ்வகையைச் சேர்ந்தது. இவ்வகை மின்னோட்

டத்தைக் கட்டுப் படுத்துவதும் எளிது; இதை நீண்ட தூரங் கட்கு அனுப்புவதில் செலவும் குறைவு.

மேற்கூறிய இருதிசை மின்னேட்டம் ஒரு திசை மின் னேட்டம் தேவைப்படும் ஒரு தொழிலகத்திற்கு வருவதாக வைத்துக் கொள்வோம். இப்பொழுது அதன் திசை ஒரே மாதிரி செல்லுவதற்கேற்ற ஒருமாற்றம் செய்வித்தல் வேண்டும். இந்தவகை மின்னேட்டத்தைக் கொண்டுவரும் கம்பியில், ஒரு மின்னணுக் குழலை வைத்தால் அது மின் னேட்டத்தை மாற்றி விடுகின்றது (rectifies). மின்னேட்டம் முன்னும் பின்னுமாகச் செல்லுவதை மாற்றி அதை ஒரே திசையில் அருவிபோல் செல்லும் ஒருதிசை மின்னேட்ட மாகக் குழல் மாற்றி விடுகின்றது.

சில திருத்தும் குழல்களின் அமைப்பு எளிதானது. அவற்றில் கம்பிவலை இல்லை; அவை நேர்மின்-வாயையும் எதிர்-மின்வாயையும் மட்டிலுமே கொண்டிருக்கும். மின் னேட்டம் முன்னேக்கிப் பாயும்பொழுது அஃது எதிர்மின் வாயினின்றும் குழலின் குறுக்கே நேர் - மின்வாய்க்குப் பாய்கின்றது. ஒரு குழலிலுள்ள தனி மின்னணுக்கள் ஒரே திசையில் மட்டிலும்தான் செல்லக்கூடும். அவை எதிர்-மின்சாரத் தன்மையைப் பெற்றிருப்பதால், அவை நேர்-மின்சாரத் தன்மையையுடைய தட்டை நோக்கியே செல்லவேண்டும். தட்டினை எதிர்மின்சாரத் தன்மையுடையதாகச் செய்தால், எதிர் மின்னணுக்கள் தாம் இருந்த இடத்திலேயே தங்கி விடும்; ஆனல் அவை தட்டிலிருந்து பின்னேக்கி எதிர்-மின் வாய்க்குச் செல்லா. ஆகவே, கம்பியிலுள்ள மின்னேட்டம் பின்னேக்கிப் பாயும்பொழுது, குழலில் யாதொன்றும் நிகழ் வதில்லை. ஏற்கெனவே தட்டினையடைந்த மின்னணுக்கள் அங்கேயே தங்கி விடுகின்றன. சுற்றிலுள்ள மின்னணுக்கள்

பின்னேக்கிப் பாய்கின்றன. அவை தட்டிற்கு அப்பாலிருந்து எதிர்-மின்வாயினுள் பாய்வதற்குப் பதிலாக, எதிர்-மின் வாய்க்கு அப்பாலிருந்து தட்டினுள் பாய்கின்றன. என்னுலும், இது தட்டினை எதிர்மின்சாரத் தன்மையுடையதாக்குகின்றது; ஆதலால் குழலின் குறுக்கே யாதொரு மின்னேட்டமும் பாய்வதில்லை.

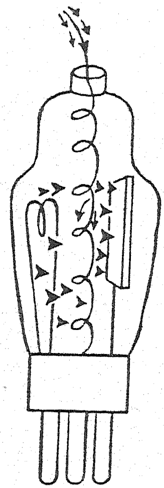


படம் 26. மின்னேட்டம் ஒரேதிசையில் செல்லுதல்

பின்னர்க் கம்பியிலுள்ள மின்னேட்டம் மீண்டும் முன்னேக்கிப் பாயும்பொழுது, குழலின் குறுக்கேயும் மின்னேட்டம் அவ்வாறே பாய்கின்றது. நேர்-மின்வாயின் பக்கம் குழலினின்றும் வெளியே மின்னேட்டம் பாயும் பொழுது, அஃது ஒரே திசையிலேயே செல்லுகின்றது. மின்னேட்டம் குழலினுள் எதிர்த் திசையில் செல்லுவதற்கு வழியே இல்லை. இதை மேலேயுள்ள படம் விளக்குகின்றது.

பெருக்குதல்: மின்னணுக் குழல்கள் மிக நுண்ணிய எதிர் மின்சாரத்திற்கும் சுரணையுடனிருப்பதால், அவை மிக வன்மையற்ற மின்னுற்றலை ஏற்று அதை மிகப் பெரிய சக்தியாகப் பெருக்குதல் (amplifies) கூடும். இந்தச் சிறிய அளவுகளுள்ள மின்சாரம் கம்பி வலையை அடையும்பொழுது அவை மிக வலுவற்று இருக்கின்றன. அப்பொழுது அவை சைகைச் செய்திகள் (signals) என்று வழங்கப்பெறுகின்றன. இந்த

மின்னோட்டம் சைகைச் செய்தி மின்அழுத்தம் (signal voltage) என்று வழங்கப்பெறுகின்றது. எதிர் - மின் வாயினின்றும் உறைப்பான மின்னணுக்களின் அருவி, தட்டினை நோக்கி வரும் இந்த சைகைச் செய்திகளின் குறுக்கே பாயும்பொழுது கம்பி வலையிலுள்ள மின்னோட்டம் இந்த மின்னணுக்களைத் தன்னுடைய சாயலாக (image) மாற்றி, அவற்றைப் பன்

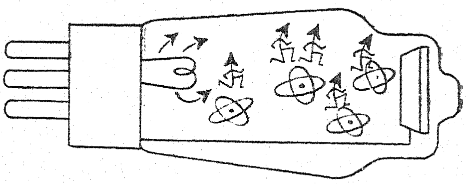


படம் 27. ஓர் உயர்ந்த - வெற்றிடக்குழலில் வலுவற்ற சைகைச் செய்திகள் கம்பிவலையை அடைந்து பன்மடங்கு வலுவுள்ளனவாகப் பெருக்கப் படுகின்றன

மடங்கு உறைப்பாக்குகின்றது. இதைப் படம் விளக்குகின்றது கம்பிவலைக்கு வரும் வலுவற்ற மின்னோட்டம் பன்மடங்கு வலுவுள்ளதாகப் பெருக்கப்படுகின்றது. இந்த நிலையில் அது தட்டினைவிட்டு வெளியேறுகின்றது.

சில குழல்களில் எதிர்-மின்–வாயினின்று வெளியேறுங்கால் சிறிய அளவுகளிலுள்ள மின்சாரம் வாயு அணுக்

களுடன் மோதுகின்றது. இந்த மோதுதலின்பொழுது வாயு அணுக்களிலுள்ள மின்னணுக்கள் தகர்த்தெறியப் பெறு கின்றன. இதன் பிறகு இந்த அயனிகள் நேர் மின்சாரத் தன்மையுள்ள பாலமாக அமைந்து விடுகின்றது. எதிர்-மின்—வாயிலுள்ள மின்னணுக்கள் இந்தப் பாலத்தின் வழி யாகத் தட்டினை அடைகின்றன. இதனைப் படம் விளக்கு

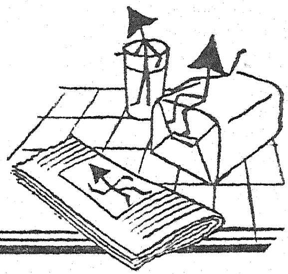


படம் 28. வாயுநிரம்பிய குழலில் எல்லா மின்னணுக்களும் அயனிகளின் பாலத்தின்மீது செல்லுகின்றன

கின்றது. இதனால் தட்டினை நோக்கிப் பாயும் மின்னணுக் களின் எண்ணிக்கை அதிகமாகின்றது. காரணம், வழியில் மின்னணுக்கள் தேக்கப்பெறுவதில்லை.

இருதிசை மின்னோட்டத்தை உற்பத்தி செய்தல்: சிலசமயம் மின்னணுக் குழல்கள் நேர் மின்னோட்டத்தை அதிக அதிர்வுள்ள (frequency) இருதிசைமின்னோட்டமாக மாற்று கின்றன. சாதாரணமாகவுள்ள இருதிசை மின்னோட்டத்தின் அதிர்வு-எண் விநாடி யொன்றுக்கு 125 சைக்கிள்களுக்கு (cycles) மேற்போகாது. மின்சார அதிர்வுகள் (oscillations) விநாடி யொன்றுக்குக் குறைந்தது ஆயிரம்தடவைகளும் சில சமயம் இலட்சக்கணக்கான தடவைகளும் மாறிமாறிச் செல்லுகின்றன. இந்த உயர்ந்த - அதிர்வினைக் கொண்ட இருதிசை மின்னோட்டத்தை உற்பத்திசெய்யும் அதிர்வுக் குழல்கள் (oscillator tubes) உண்மையில் பெருக்கும் குழல் களே; இவற்றின் தட்டின் சுற்றுக்கள் ஒரு பிரத்தியேகமான

5. எம்மருங்கும் மின்னணுவியல்



'எல்லாம் பிரணவ மயம்' என்பது சமயங்கள் உணர்த்தும் உண்மை. இன்றைய உலகிலோ எம்மருங்கும் மின்னணு வியலாகக் காட்சியளிக்கின்றது. வானொலிப் பெட்டி, ஒளிரும் குழல் விளக்குகள், தொலைக்காட்சிப் பெட்டி முதலியவை அனைத்தும் மின்னணுவியல்களின் செயல்களாகும். பல்பசைக் குழல்கள், ஓவல்டின் டப்பாக்கள், மருந்துக் குழல்கள் முதலியவை அனைத்தும் மின்னணுவியலின் துணையால் அளவுடன் நிரப்பப்பெறுகின்றன.

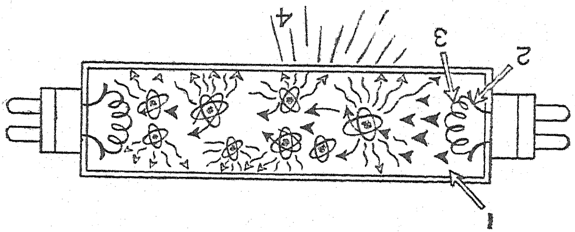
நேற்று நேரு அவர்களும் அமெரிக்கத் தலைவர் கென்னடியும் வாஷிங்டனில் சந்தித்துப் பேசிய நிகழ்ச்சி இன்று செய்தித் தாள்களில் படமாக வருகின்றது; பேச்சின் விவரம் செய்திகளாக வருகின்றன. இவை யாவும் எப்படி வெகு விரைவில் இங்கு வருகின்றன? எந்த விமானமும் இவ்வளவு விரைவாக அவற்றை இங்குக் கொணர முடியாது. இவை யாவும் மின்னணுவியலின் அற்புதச் செயல்களாகும். இவ்வியலின் துணையால் எண்ணற்ற அதிசயச் செயல்கள் இன்று நடைபெற்று வருகின்றன; பல நடைபெறப் போகின்றன. ஒரு சிலவற்றை மட்டிலும் ஈண்டு விளக்குவோம்.

ஒளிரும் குழல் விளக்குகள்: இவ் விளக்குகளை இன்று பட்டி தொட்டிகளிலும் காண்கின்றோம். இவை ஒரு வாயு வால் நிரப்பப்பெற்ற மின்னணுக் குழல்கள். சாதாரண மின் விளக்குக் குமிழ்களில் ஒருகோடியே உள்ளது: இவை ஒரு புறமே அடைக்கப்பெற்றுள்ளன. ஆனால், ஒளிரும் குழல் விளக்குகளில் பக்கத்திற்கு ஒன்றாக இரண்டு கோடிகள் உள்ளன; இவை மின்னோட்டத்தை அடைகின்றன. ஒவ்வொரு கோடியினின்றும் கம்பிகள் மின்னோட்டத்துடன் இணைக்கப்பெறுகின்றன; இக் கம்பிகள் சுருண்டுள்ள கம்பி இழைகளைத் தாங்கிக் கொண்டுள்ளன.

ஓர் ஒளிரும் குழல் விளக்கில் பக்கத்திற்கு ஒன்றாக இரண்டு கம்பி இழைகள் உள்ளன. இந்தக் கம்பி இழைகளைத் தாங்கும் சிறிய கம்பிகளின் கோடிகள் நேர்-மின்வாய்கள் ஆகும். ஒளிரும் குழல் விளக்குகள் மின்னணுக்குழல்களினின்றும் வேறுபட்டவை. காரணம், இங்கு முக்கிய பணியை நிறைவேற்றுவது கம்பி இழையினின்றும் நேர் - மின் வாய்க்குப்போகும் பிரவாகம் அன்று; அஃது அக் குழலின் வேலையைத் தொடக்குவதுடன் நின்று விடுகின்றது. ஒளிரும் குழலின் முக்கிய பணி ஒளியைத் தருவது; அது வேலை செய்வதைக் காண்போம்.

ஒளிரும் குழல் விளக்குகள் முன்னும் பின்னும் செல்லும் இருதிசை மின்னோட்டத்தால் வேலை செய்கின்றன. இக் குழலில் இருகோடியிலும் இழையிருப்பதால், குழலினுள் சதா மின்னோட்டம் இருந்து கொண்டே இருக்கின்றது. இதில் ஒரு துளி பாதரசமும் இருக்கின்றது. இப் பாதரசம் குழலினுள் வரும் மின்னோட்டத்தால் வாயுவாக மாற்றப் பெறுகின்றது. இழைகளினின்றும் மின்னணுக்கள் பாய்ந்து

வருங்கால் அவை பாதரச ஆவி யணுக்களுடன் முட்டி மோதுகின்றன. இதைப் படம் காட்டுகின்றது.



படம் 29. ஒளிரும் குழல் விளக்கு வேலைசெய்வதைக் காட்டுவது

(1) கம்பி இழையினின்றும் வெளிப்படும் மின்னணுக்கள் பாதரச ஆவியணுக்களுடன் முட்டிமோதுகின்றன; (2) நேர்மின்வாய்; (3) கம்பி இழை; (4) பாதரச ஆவியணுக்கள் புறஊதாக் கதிர்களை வீசுகின்றன; இவை குழலினுள் அமைந்துள்ள ஒளிரும் பூச்சினை ஒளிரச் செய்கின்றன.

மின்னணுக்கள் பாதரச ஆவி அணுக்களின்மீது மோதி அவற்றைத் தொந்தரவு செய்யும்பொழுது, பாதரச அணுக்கள்சிறிய அலைகளைக் கொண்ட ஒளிவடிவில் ஆற்றலை வெளிவிடுகின்றன. இந்த அலைகள் கண்காணா புறஊதாக் கதிர்கள் (ultra violet); அவற்றை நாம் கண்ணால் காண்பது முடியாது. இக் கதிர்கள் கண்ணாடி உறையின் உட்புறத்தைத் தாக்கும்வரை ஒளி வீசிக்கொண்டே இருக்கும். இவ்வுறையின் உட்புறம் பாஸ்வரப்பிரகாசிகள் (phosphors) எனப்படும் ஒருவகைப் பொடிகளால் பூசப்பெற்றுள்ளது; இப் பொடிகள் ஒளிரும் தன்மை யுடையவை. ஒளிரும் எந்தப் பொருளும் தான் வேறு ஒரு மூலத்தினின்று வரும் கதிர்களை உறிஞ்சினால், அது கதிர்களை வெளிவிடும். உறையின் உட்புறப் பூச்சு இதனைத்தான் செய்கின்றது. அது கண்காணா புற ஊதாக் கதிர்களை உறிஞ்சி அவற்றைவிட வன்மையான, அதிக

அலை நீளத்தைக்கொண்ட கதிர்களை வெளி விடுகின்றது; இக்கதிர்கள் தாம் நாம்பெறும் ஒளியாகும்.

வெவ்வேறு பாஸ்வரப்பிரகாசிகள் வெவ்வேறு நிற முள்ள ஒளியைத் தருகின்றன. இக் காரணத்தால்தான் சில ஒளிரும் ஒளிகள் நீலநிறமாகவும் சில வெண்மையாகவும் இருக்கின்றன. ஒளிரும் விளக்குகள் ஒளியினைத் தருவ தற்குப் பாஸ்வரப்பிரகாசிகளைப் பயன் படுத்துவதால், அவற்றிற்குச் சாதாரண விளக்குகளை விடக் குறைந்த மின் ளேட்டமே தேவைப்படுகின்றது; ஆகையால் இவ் வகை விளக்குகளை எரிப்பது மலிவு.

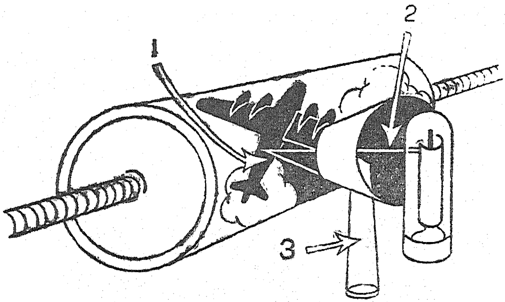
உருவநேர்படி ஒளிபரப்பு: ஒருநாள் காலையில் நாம் சிற் றுண்டி அருந்திய பிறகு வானொலி நிகழ்ச்சிகளில் ஈடு பட்டிருக்கின்றோம். பையன் செய்தித்தாள் கொண்டுவருகின் றான்; பத்திரிகையின் தலைப்பக்கத்தில் நேருவும் கென்னடி யும் முதல்நாள் பேசிக்கொண்டிருந்த நிலையைக் காட்டும் ஒளிப்படம் காணப்படுகின்றது. இவ்வளவு விரைவாக இப் படம் எப்படிச் செய்தி அலுவலகத்திற்குக் கிடைத்தது? இது மின்னணுவியலின் கிளர்ச்சி யூட்டும் அருஞ்செயல் களில் ஒன்று. அஃது ஒருவகைத் தொலைக்காட்சி (television); வெட்டவெளியில் பார்க்கவல்ல ஒரு விசித்திர வித்தை. அப் படம் கடல்களையும் கண்டங்களையும் காற்றையும் கடந்து வந்த ஓர் அற்புத நிகழ்ச்சி; அஃது அனுப்பப்பெறும் முறையை உருவ நேர்படி ஒளிபரப்பு (facsimile broadcasting) என்று வழங்குவர்.

உருவநேர்படி என்பது ஓர் உருவத்தின் சரியான நகல். அது கிட்டத்தட்ட ஒலிப்பதிவு செய்வது போலப் பதிவு செய்யப்பட்ட நகலாகும்; இங்கு நகல் செய்யும் ஊசி எஃகி னால் செய்யப் பெற்றதன்று; இந்த ஊசி ஓர் ஒளிக்கற்றை யினாலானது!

இந்தியாவில் செய்யப்பெற்ற முதல் விமானம் ஒன்று சென்னை மாநகரின் மீது பறக்கின்றதாக வைத்துக் கொள்ளு வோம். அமெரிக்கச் செய்தித்தாள் நிருபர் ஒருவர் அதைப் ஒளிப்படம் எடுக்கின்றார்; உடனே அதனை நியூயார்க்கி லுள்ள செய்தித்தாள் அலுவலகத்திற்கு அனுப்ப விழைகின் றார். அந்தப் படம் ஓர் உருளையின் மீது போர்த்தப்பெற்று அந்த உருளை ஒரு நீண்ட மரையாணி (screw) யின்மீது ஓர் ஒழுங்கான வேகத்துடன் சுழற்றப்பெறுகின்றது. உருளை சுழலும்பொழுது ஓர் ஊசிபோன்ற ஒளிப்படத்தின் குறுக்கே பட்ட வண்ணமிருக்கின்றது. அப்படம் உருளையுடன் மெது வாக மேலும் கீழுமாகத் திரும்பும் பொழுது, ஊசிமுனை படத்தின் ஒவ்வொரு புள்ளியின்மீதும் பிரகாசிக்கின்றது. படத்தின்மீது ஊசிமுனை ஒளிசெய்யும் சுவடுகளை நாம் பார்க்கக் கூடுமாயின் அவை கிராமபோன் பதிவுத் தட்டின்மீது பதிவு செய்யும் ஊசி செய்யும் சுவடுகளைப் போன்றே இருக்கும். ஆனால், அதில் பள்ளங்கள் (grooves) இரா. படத்தின் பரப்பு முழுவதும் மிக நுண்ணிய கோடுகளால் நிரம்பிவிடும். ஊசிஒளி படம்முழுவதையும் நிரப்புவதால், நாம் அது படத்தைத் துருவிப் பார்க்கின்றது (scans) என்று சொல்லு கின்றோம். 'துருவிப் பார்த்தல்' என்ற இச் சொல் தொலைக் காட்சியிலும் (television) வழங்கப்பெறுகின்றது.

மேற்குறிப்பிட்ட ஊசி ஒளியைத் தவிர வேறு ஒளி, படத் தின்மீது விழாது. இந்த ஒளி, படத்தின் ஒவ்வொரு புள்ளி யையும் தொடும்பொழுது, இஃது ஓர் ஒளிக் குழலுக்குப் பின் னோக்கிப் பிரதிபலிக்குமாறு செய்யப் பெறுகின்றது. படத்தின் மீதுள்ள சாம்பல், கருமை, வெண்மை நிறமுள்ள வெவ்வேறு நிறத் திண்மைகள் வெவ்வேறு அளவுள்ள ஒளிகளைப் பிரதி பலிக்கின்றன. இந்தப் பிரதிபலிப்புக்கள் ஒளிக் குழலின் எதிர்-மின்வாயைத் தாக்கும்பொழுது அவை மின்னணுக்களை

விடுதலை செய்கின்றன. எதிர்-மின்வாயின்மீது பிரகாசிக்கும் ஒளியின் உறைப்பிற் கேற்றவாறு மின்னணுக்களும் அதிகமாக விடுதலையாகின்றன. படத்தைத் துருவிப் பார்த்து ஒளி



படம் 30. விமானப்படம் அனுப்பப்பெறுவதைக் காட்டுவது

1. இந்த ஊசிமுனை ஒளிக்கற்றை படத்தைத் துருவிப் பார்க்கின்றது(scans);

2. இந்தப் படம் ஒளிக்குழலினுள் பிரதிபலிக்கப்பெறுகின்றது;

3. இந்த ஒளிக்கற்றை ஒரு மெல்லிய அருவி வடிவில் படமாக ஒதுக்கப்பெறுகின்றது.

உடனுக்குடன் எதிர்-மின்வாயில் பிரதிபலிப்பதால், அதில் விடுதலையாகும் மின்னணுக்களின் அளவும் படத்தின் வெண்மை-கருமை நிறத்திண்மைகளைப் பொறுத்தே சரியாக அமைகின்றது. இந்த மின்னணுக்கள் நேர்-மின்வாய்க்குப் பாயவே, படம் குழலை விட்டு மின்சாரமாக வெளியேறுகின்றது. இந்த மின்சாரம் ஒரு திட்டமான கோலத்தில் (pattern) பாய்வதால் அது ‘சைகைச் செய்தி’ (signal) என்று வழங்கப்பெறுகின்றது. வன்மை குறைந்த இந்த சைகைச் செய்திகளை மற்றொரு குழல் பெருக்கி அவற்றை வானொலி அலைகளாக எங்கும் அனுப்புகின்றது. நியுயார்க்கிலுள்ள

ஏற்கும் கருவி (receiver) யொன்று இவற்றை ஏற்பதற்குக் காத்திருக்கின்றது.

வன்மை குறைந்த வானொலி சைகைச் செய்தி (radio signal) ஏற்றுக் கொள்ளப்பெற்றுப் பெருக்கப்பெறுங்கால், அஃது ஒரு பதிவு செய்யும் குழலினுள் (recorder tube) செல்லு கின்றது. இக் குழல் மேற்படி சைகைச் செய்தியை முதல் ஒளிக் குழலால் செய்யப்பெற்ற எல்லா மாற்றங்களுடனும் ஏற்று மீண்டும் அதனை ஒளியாக மாற்றுகின்றது. பதிவு செய்யும் குழலின் கோடியிலுள்ள ஒரு பிரத்தியேகமான இடத்தைத் தவிர வேறு எந்தப் பகுதிகளிலும் ஒளி வெளியே போகாதவாறு நன்கு பூசப்பெற்றுள்ளது. இந்த ஒளிக் கற்றை, குழலுக்குள் வரும் மின்னோட்டத்தைப் போலவே மாறிக்கொண்டு (fluctuating) இருக்கும். இந்த ஒளி பல கண்ணாடி வில்லைகளினுள் (lens) நுழைந்து செல்லுகின்றது; இவ்வாறு செல்லுங்கால் அவை இதனை முதல் ஒளியைப் போலவே ஓர் ஊசியொளியாகக் குறுகச்செய்கின்றது. இது வும் ஒரு நிலையான கற்றையாக இராமல் மின்னோட்டத் தைப் போலவே மாறிக்கொண்டே இருக்கின்றது. இது தான் படம். இந்த ஒளிக்கற்றையின் எதிரில் முதல் உருளை யைப் போலவே சுழன்றுகொண்டிருக்கும் மற்றோர் உருளை உள்ளது. இந்த உருளையின்மீது நொடிப்படங்கள் (snap shots) அச்சிடக் கூடியதைப்போன்ற உணர்வூட்டப்பெற்ற தாள் (senstized paper) சுற்றப்பெற்றுள்ளது. இந்தத் தாளின்மீது விழும் ஒளி தன்னுடைய மாற்றங்களால் படத்தை அச்சிடுகின்றது. இந்தப் படமே செய்தித் தாள் களில் அச்சிடப் பெறுகின்றது.

உருவ நேர்படியைப் பதிவு செய்யும் கருவியுடன் வேறு ஒரு மின்னணுக்குழல் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றது.

இக் குழல் மின் அழுத்தத்தை ஒரே சமனாக இருக்கும்படி செய்கின்றது. மின் அழுத்தம் மாறினால், மின்னோட்டம் மாறுபடும்; இதனால் படமும் மங்கலாகப் போகும், அல்லது உருமாறிப்போகும்.

வேறு பயன்கள்: அஞ்சல் நிலையங்களில் கடிதங்களை அவை செல்லும் இடங்களுக்கேற்றவாறு பிரிப்பதிலும், மாற்றுவதிலும், முத்திரையிடுவதிலும் பயன்படும் பொறிகள் மின்னணுக்குழல்களால் இயக்கப் பெறுகின்றன.

கப்பலில் ஏற்றப்பெறும் பழவகைகள் புதிர்க்கதிர்களால் சோதிக்கப்பெற்றே அனுப்பப்பெறுகின்றன. இங்ஙனமே தகர டப்பாக்களில் அடைக்கப்பெறும் உணவு வகைகளும் புதிர்க்கதிர்களால் சோதிக்கப்பெற்ற பிறகே அடைக்கப்பெறுகின்றன. இக்கதிர்கள் அவற்றின் தூய்மையைச் சோதிப்பதுடன் அளவையும் அறுதியிடுகின்றன.

நாம் உண்ணும் ரொட்டி, பருகும் பால் முதலியவைகளின்மீதும் புற ஊதாக் கதிர்கள் பாய்ச்சப்பெற்று விட்டமின்-D சற்று ஊட்டப் பெறுகின்றது.

காலையுணவு கொண்டபிறகு நமக்குப் பொழுதுபோக்குக்காகவும், பல செய்திகளை அறிந்துகொள்வதற்கும் பிறவற்றிற்கும் பயன்படும் வானொலி (radio), தொலைக்காட்சி (television) ஆகிய சாதனங்களும் மின்னணுவியலைச் சேர்ந்தவையே. எனவே, மின்னணுவியலால் நாம் ஒளி, செய்திகள், தூய்மையான உணவு வகைகள், பொழுதுபோக்கு நிகழ்ச்சிகள் முதலியவற்றைப் பெறுகின்றோம். இனி, மின்னணுவியல் பலதுறைகளிலும் பயன்படுவதைச் சற்று விரிவாகக் காண்போம்.

இக் குழல் மின் அழுத்தத்தை ஒரே சமனுக இருக்கும்படி செய்கின்றது. மின் அழுத்தம் மாறினல், மின்னேட்டம் மாறுபடும்; இதனுல் படமும் மங்கலாகப் போகும், அல்லது உருமாறிப்போகும்.

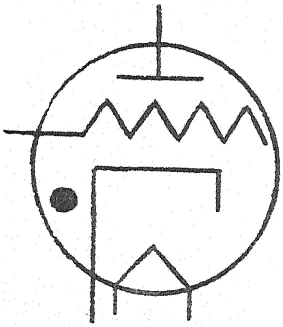
வேறு பயன்கள்: அஞ்சல் நிலையங்களில் கடிதங்களை அவை செல்லும் இடங்களுக்கேற்றவாறு பிரிப்பதிலும், மாற்றுவதிலும், முத்திரையிடுவதிலும் பயன்படும் பொறிகள் மின்னணுக்குழல்களால் இயக்கப் பெறுகின்றன.

கப்பலில் ஏற்றப்பெறும் பழவகைகள் புதிர்க்கதிர்களால் சோதிக்கப்பெற்றே அனுப்பப்பெறுகின்றன. இங்ஙனமே தகர டப்பாக்களில் அடைக்கப்பெறும் உணவு வகைகளும் புதிர்க்கதிர்களால் சோதிக்கப்பெற்ற பிறகே அடைக்கப்பெறுகின்றன. இக்கதிர்கள் அவற்றின் தூய்மையைச் சோதிப்பதுடன் அளவையும் அறுதியிடுகின்றன.

நாம் உண்ணும் ரொட்டி, பருகும் பால் முதலியவைகளின்மீதும் புற ஊதாக் கதிர்கள் பாய்ச்சப்பெற்று விட்டமின்-D சற்று ஊட்டப் பெறுகின்றது.

காலையுணவு கொண்டபிறகு நமக்குப் பொழுதுபோக்குக்காகவும், பல செய்திகளை அறிந்துகொள்வதற்கும் பிறவற்றிற்கும் பயன்படும் வானெலி (radio), தொலைக் காட்சி (television) ஆகிய சாதனங்களும் மின்னணுவியலைச் சேர்ந்தவையே. எனவே, மின்னணுவியலால் நாம் ஒளி, செய்திகள், தூய்மையான உணவு வகைகள், பொழுது போக்கு நிகழ்ச்சிகள் முதலியவற்றைப் பெறுகின்ரேம். இனி, மின்னணுவியல் பலதுறைகளிலும் பயன்படுவதைச் சற்று விரிவாகக் காண்போம்.

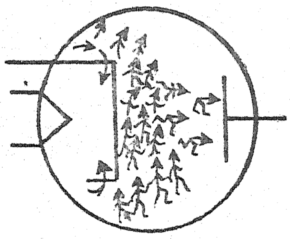
ஒரு திசை மின்னோட்டமாக மாற்றுவதாகும். இருதிசை மின்னோட்டத்தை மிகக் குறைந்த செலவில் உற்பத்தி செய்யலாம் ஆனல், இம் மின்னோட்டத்தைக் கொண்டு பலபொறிகள் செவ்வனே இயங்கமுடியாது. இதன் திசை அடிக்கடி மாறுவதால் பொறிகளை ஒருவிதமாகக் குதித்துக் குதித்து ஓடச்செய்கின்றது.



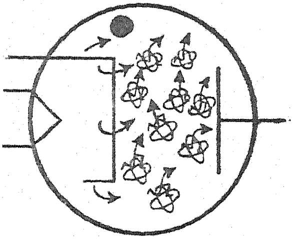
படம் 31. தைரேட்ரான்: இதிலுள்ள கரும்புள்ளி இக் குழல் வாயுவால் நிரப்பப் பட்டது என்பதைக் குறிக் கின்றது

ஏற்கெனவே நாம் ஓர் எதிர்-மின்வாயையும் நேர்-மின்வாயையும் கொண்ட ஓர் எளிய திருத்தும் குழலைப்பற்றிக் குறிப்பிட்டோம் அல்லவா? ஆனல்,தைரேட்ரானில் ஒரு கம்பி வலையும் உள்ளது; அது வாயுவாலும் நிரப்பப் பெற்றுள்ளது. கம்பி வலை நேர்-மின் வாய்க்குப் பாயும் மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்துகின்றது. கம்பி வலையில்லாத திருத்தும் குழல் தன்னிடம் குறுக்கே செல்லும் மின்னோட்டத்தின் எந்த ஒரு பகுதியையும் நிறுத்து தல் முடியாது. குழலிலுள்ள வாயு வெற்றிடக்குழல் சுமந்து செல்லும் மின்னோட்டத்தைவிட அதிகமான மின்னோட்டத்தைச் சுமந்து செல்லுகின்றது. இதற்குக் காரணம் என்ன? ஒரு வெற்றிடக்குழலில் எதிர்-மின்வாயைச் சுற்றி மேகம் போல் சூழ்ந்துள்ள மின்னணுக்கள் வேறு அணுக்களைத் தட்டினை அடைவதினின்றும் தடுக்கின்றன (படம் 32-அ). ஆனல், வாயு நிரம்பிய குழலில் வாயு அயனிகள் மின்னணுக்களுக்கு ஒரு பாலம்போல் அமைந்து ஒரு நிலையான அருவிபோல் கடந்து செல்லத் துணைசெய்கின்றன (படம்

32-ஆ). இவற்றை இந்த இரு படங்கள் விளக்குகின்றன இதனை முன்னரும் சிறிது விளக்கியுள்ளோம்.



படம் 32. அ:
வெற்றிடக் குழல்



படம் 32. ஆ:
வாயு நிரம்பிய குழல்

குழலினுள் இருக்கும் வாயு அயனிகளின் வாழ்க்கை மிகவும் கடினமானது. புதிய மின்னணுக்களால் தாம் சமனிலையை அடையும் ஒவ்வொரு முயற்சியிலும் குழலின் மூலம் வரும் மின்னோட்டத்தின் உந்துதலால் அதிகமான மின்னணுக்கள் தகர்த்தெறியப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு கணமும் மின்னணுக்கள் ஒவ்வோர் அடுத்த அயனியால் தள்ளப்பெறுவதாலும், இழுக்கப்பெறுவதாலும் போக்குவரவு தடைப்படுவதற்கு இடமே இல்லை. எனவே, கம்பிவலை வேண்டுமென்று தடைசெய்யாதவரை, குழலின் குறுக்கே தீவிரமான, நிலையான, மின்னோட்டம் நிகழ்ந்துகொண்டே இருக்கின்றது. இக் காரணத்தால்தான் கனரகத் தொழிற் சாலையில் (heavy industry) சக்தியைத் தருவதில் பயன்படும் குழல்கள் வாயுவால் நிரப்பப்பெற்றுள்ளன.

கட்டுப்படுத்துவதற்குக் கம்பி வலைகள் இல்லாத சில மின்னணுக்குழல்கள் மிகத் தீவிரமான மின்னோட்டக் கருவிகளை மாற்றுகின்றன. இந்த மின்னோட்டத்தையும் தைரேட்

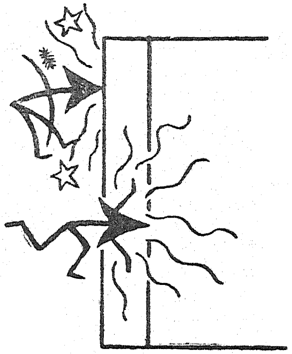
ரான் கட்டுப்படுத்துகின்றது. தொழிற்சாலையில் பயன்படும் பெரும்பாலான மின்னணுக்குழல்கள் வேறு குழல்களுடன் குழுக்களாக (teams) வேலைசெய்கின்றன. சில சமயம் ஒரு பணியில் நான்கு அல்லது ஐந்துவகை வேறுபட்ட குழல்கள் இணைந்து செயற்படுகின்றன.

இன்று தொழில்துறைகளில் மின்னணு முறையில் சூடாக்குதல் பெரும்பங்கினைப் பெறுகின்றது. மின்னணு முறையில் உணவு உலர்த்தப்பெறுகின்றது. பூச்சுக்களும் (paints) இனைமல்களும் இம்முறையினாலேயே உலர்த்தப்பெறு கின்றன. இம்முறையால் பெறும் பெரிய நன்மை விரைவு ஆகும். சாதாரணமாக இருபது மணி நேரத்தில் நன்கு காயும் பூச்சுக்களும் பசைகளும் (glues) இம்முறையைக் கையாளுவதால் இருபது நிமிடத்தில் நன்கு உலர்ந்து விடுகின்றன.

மேற்கூறிய செயல்கள் யாவும் அகச்சிவப்புக் கதிர்கள் (infra-red rays) எனப்படும் கதிர்களால் நடைபெறுகின் றன. இக் கதிர்களின் அலை நீளம் நாம் கண்ணால் காணும் ஒளியின் அலை நீளத்தைவிடச் சற்று அதிகமாக இருக்கும். நடைமுறையில் அகச் சிவப்புக் கதிர்கள் இருவகையாகப் பிரித்துப் பேசப்பெறுகின்றன. முதல் வகையின் அலை நீளம் நாம் காணும் ஒளியின் அலை நீளத்தைவிடச் சிறிது அதிகமிருக்கும்; இவை அண்மை (near) அகச் சிவப்புக் கதிர் கள் என வழங்கப்பெறும். மற்றொரு வகையின் அலைநீளம் இவற்றின் அலைநீளத்தைவிட இன்னும் சற்று அதிகமாக இருக்கும்; இவை சேய்மை (far) அகச் சிவப்புக் கதிர்கள் என வழங்கப்பெறும். இக்கதிர்கள் சாதாரணமாக எல்லா வித வெப்ப உலைகளினின்றும் வரும் வெப்ப அலைகளாகும்

மேற்கூறிய கதிர்வகைகளில் முதல் வகையின் அலை நீளம் குறைவாக இருப்பதாலும் அவற்றின் கதிர்வீசல்

ஊடுருவிப் பாயுந் தன்மையுடனிருப்பதாலும் அவை விரைந்து செயலாற்றுகின்றன. ஒரு பார வண்டியின் (truck) மீதுள்ள பூச்சினை இக் கதிர்களைக்கொண்டு நாம் உலரச்செய்தால் அவை பூச்சின் மேற்பாகத்தை ஊடுருவி உட்பாகத்திற்குச்சென்று அதனை உடனே உலர்த்திவிடும். படம் இதனை விளக்குகின்றது. சாதாரண வெப்பத்தைக் கொண்டு இதனை உலரவைத்தால், பூச்சின் மேற்பகுதி மட்டுமே உலரும். மேற்பகுதி மட்டிலும் கெட்டியாக நன்கு உலர்ந்துவிட்டால், அதன் அடிப் பகுதிக்கு வெப்பம் செல்லுவது கடினமாகிவிடும்.



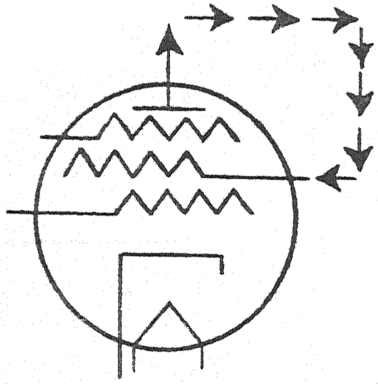
படம் 33. பூச்சு உலர்தலைக் காட்டுகின்றது

அகச் சிவப்புக் கதிர்களையுடைய அடுப்புக்கள் (ovens) ஆற்றல் வாய்ந்த மின் விளக்குகளின் வரிசைகளால் ஆக்கப்பெற்றுள்ளன. ஒவ்வொரு விளக்கிலும் அகச் சிவப்புக் கதிர்களை ஒளித்திருப்பம் செய்வதற்கென்றே பிரத்தியேகமாகச் செய்யப்பெற்ற ஒளித்திருப்பிகள் (reflectors) உள்ளன; இவை கதிர்களை உலரவைக்கும் பொருள்களை நோக்கி ஒளித்திருப்பம் செய்யும். இந்த ஒளித்திருப்பிகள் சாதாரணமாக எஃகினால் செய்யப்பெற்றுத் தங்கப்பூச்சு பூசப்பெற்றிருக்கும்.

நம்முடைய வீட்டிலுள்ள மின்சாரமுறையில் சூடேற்றும் கருவியில் உள்ள ஒளித்திருப்பி சேய்மை அகச் சிவப்புக் கதிர்களை அல்லது சாதாரணமான வெப்ப அலைகளையே ஒளித்திருப்பம் செய்கின்றன. இவ்வகை வெப்பக்கதிர்கள் காற்றையும் சூடாக்கித் தம்முடைய வெப்பத்தில் ஒரு பகுதியை இழக்

கின்றன. அண்மை அகச்சிவப்புக் கதிர்கள் தாம் புகுந்து செல்லும் காற்றைச் சூடாக்குவதில்லை; இதனால் தம்முடைய ஆற்றலின் சிறு பகுதியையும் அவை இழப்பதில்லை.

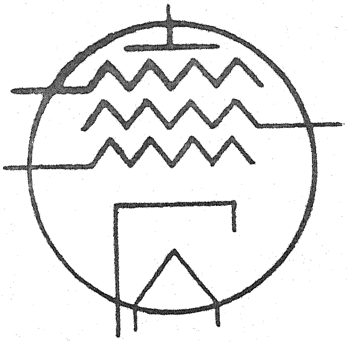
மின்னணுவியல் முறையில் சூடாக்கப்பெறும் இன்னொரு முறை பிலியோட்ரான் (pliotron) என்ற ஒருவகைக் குழலால் நடைபெறுகின்றது. பிலியோட்ரான் உயர்ந்த அதிர்வு–எண் அலைகளை (high-frequency oscillations) உண்டாக்குகின்றன; இவற்றைத் தான் நாம் வானொலி அலைகள் என்று வழங்குகின்றோம். இந்த மின்னோட்டம் உலோகம், பிளாஸ்டிக்ஸ் போன்றவற்றைச் சூடாக்கப் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றது. இந்த மின்னோட்டம் இவற்றினூடே பாய்ந்து இவற்றைச் சூடாக்குகின்றது. உலோகம் நல்ல கடத்தியாதலின், அதனுள் மின்னோட்டம் எளிதாகச் செல்லுகின்றது. நல்ல கடத்திகளல்லாத பொருள்கள் உலோகப்பற்றிறுக்கி (clamp) களினிடையே



படம் 34. தட்டிலுள்ள மின்னோட்டத்தின் ஒரு பகுதி கம்பி வலைக்குத் திரும்பக்கொணரப் பட்டால், குழல் அலைவுகளை உண்டாக்குகின்றது

வைக்கப்பெற்று அந்த இறுக்கிகளின் மூலம் மின்னோட்டம் அனுப்பப்பெறுகின்றது. இம்முறையைக் கொண்டு ஒட்டுப் பலகை அடுக்குகளை விரைவாகவும் உறுதியாகவும் ஒட்டுகின்றனர். தாமாக உலர்வதற்குப் பலமாதங்களாகும் குப்பைக் கூளங்களும் (lumber) இம்முறையால் உலர வைக்கப் பெறுகின்றன.

உயர்ந்த அதிர்வு எண்ணைக்கொண்ட மின்னேட்டத்தைப் பயன்படுத்தும் பல தொழிற்சாலைகளில் பல கம்பி வலைகளையுடைய பிலையோட்ரான்களைப் பயன்படுத்தி அத்தகைய மின்னேட்டத்தை உற்பத்தி செய்கின்றனர். வானெலி நிகழ்ச்சிகளை அனுப்புவதில் தான் இத்தகைய உயர்ந்த அதிர்வு - எண்ணைக்கொண்டே மின்னேட்டம் பயன்படுகின்றது என்பதை நாம் சாதாரணமாகக் கருதுகின்றேம். ஆயின், இன்று உலகிலுள்ள எல்லா வானெலி நிகழ்ச்சிகளையும் அனுப்புவதைவிடத் தொழில் துறைகளில்தான் அதிமான உயர்ந்த அதிர்வு–எண் மின்னேட்டம் பயன்படுகின்றது என்று சொல்லலாம்.

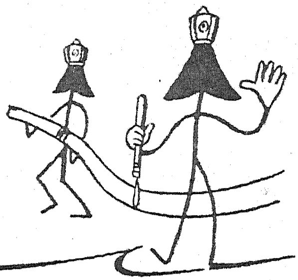


படம் 35. பல கம்பி வலைகளைக் கொண்ட பிலையோட்ரான்

தொழில்துறையில் பயன்படும் மற்ருெருவகைக் கதிர்கள் புதிர்க்கதிர்களாகும். பெரிய தொழில்துறைப் புதிர்க்கதிர்ப்பொறிகள் கோடிக்கணக்கான வோல்ட் அழுத்தமுள்ள ஆற்றலைச் சுமந்து செல்லலாம்; இக்கதிர்கள் பல அங்குல கனமுள்ள எஃகினையும் ஊடுருவிச் செல்லக்கூடியவை. இக்கதிர்களால் பார்க்கப்பெறும் செயல்கள் பிலிமில் பதிவு செய்யப்பெறுகின்றன. இம்முறையால் நாம் கனமான வார்ப்புப்பொருள்கள் உடைப்பு, அல்லது துளைகளின்றி உள்ளனவா என்பதை உறுதிசெய்துகொள்ள முடிகின்றது. போர்க்கப்பல்களிலுள்ள காப்புத் தகட்டினைச் சோதிக்கவும், புகைவண்டிப் பொறிகளைச் (railway engines) சோதிக்கவும் இம்முறை பெரிதும் பயன்படுகின்றது.

தொழிற்சாலைகளில் புதிர்க்கதிர்கள் சிறிய செயல்களையும் நிறைவேற்றுகின்றன. அவை குவளைகளில் (cans) அடைக்கப்பெறும் உணவு வகைகளைச் சோதித்தறிகின்றன. இத்தகைய குவளைகளில் சரியான அளவு உணவுப்பொருள் இல்லாவிட்டாலும், அல்லது பொட்டலங்களில் வேறு குறைகளிருப்பினும் அவற்றை வேறு மின்னணுக் குழல்கள் தள்ளுபடி செய்கின்றன. ஆயினும், இன்று இச்செயல்கள் யாவும் அணுவாற்றலால் நிறைவேற்றப்படுகின்றன.

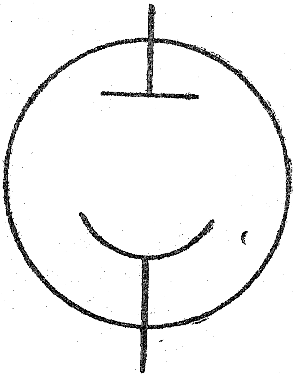
7. மின்னணுக் காவலர்கள்



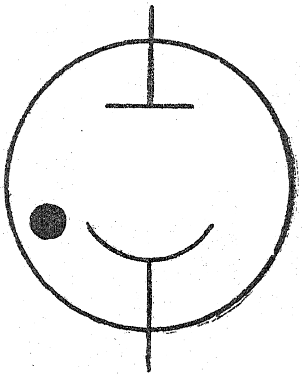
மின்னணுக் குடும்பத்தில் ஒளிக்குழல்கள் (photo-tubes) ஊர்க்காவலர்கள்போல் பணிபுரிகின்றன. இவை பார்வையாளர்கள் போலவும், காவலாளிகள் போலவும், துப்பறியும் சேவகர்கள் போலவும் செயலாற்றுகின்றன. தாம் ஒரு பகுதியாக இருக்கும் மின்சுற்றில் ஒழுங்கினை நிலவச் செய்கின்றன; அவை கணக்கிடல், சரி பார்த்தல், அளத்தல், பதிவு செய்தல் போன்ற செயல்களையும் புரிகின்றன. மின்னணுக் குடும்பத்தில் இவைதாம் மூளைகளாகப் பணி செய்கின்றன எனலாம். எனினும், அவை துணையின்றிச் செயலாற்ற முடியாது. ஓர் ஒளிக்குழல் குறைவான மின்னோட்டத்தை உண்டாக்குவதாலும், இந்த மின்னோட்டம் வேலை செய்வதற்கு முன்னர்ப் பெருக்கப்பெறவேண்டியிருப்பதாலும், ஒளிக்குழல் எப்பொழுதும் மின்னணுக்குழல்களின் குழுவில் ஒரு பகுதியாகவே இருந்து செயற்படுகின்றது.

ஓர் ஒளிக்குழல் குளிர்ந்த எதிர்-மின்வாயையும் நேர் மின்வாயையும் கொண்டதும் கம்பிவலை அற்றதுமான ஒரு குழல் என்பதை நாம் அறிவோம். சில சமயம் அது வெற்றிடக்குழலாகவும், சில சமயம் அது வாயு நிரம்பிய குழலாகவும் இருக்கும். இரண்டு வகைகளையும் படங்கள்

காட்டுகின்றன. இக்குழலின் எதிர்-மின்வாயினின்றும் மின்னணுக்கள் வெப்பத்தாலோ, அன்றித் தீவிரமான மின் அழுத்தத்தாலோ விடுதலை செய்யப்பெறுவதில்லை; அவை ஒளியினால் விடுதலை செய்யப்பெறுகின்றன. இந்த ஒளி குழலின் வெளியிலிருந்து வருகின்றது. இந்த ஒளியாற்றல்



படம் 36. அ:
வெற்றிடக்குழல்



படம் 36. ஆ:
வாயு நிரம்பிய குழல்

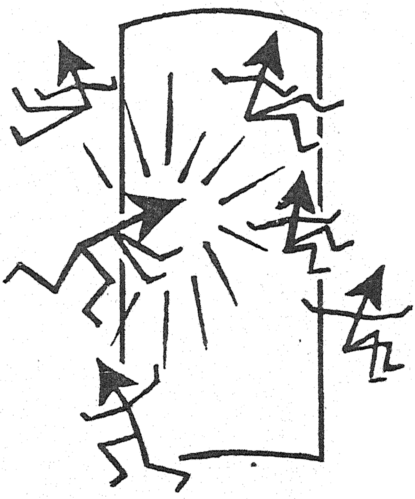
எதிர்-மின்வாயைத் தாக்கி அதனின்றும் மின்னணுக்களை முட்டி மோதித் தள்ளுகின்றன. ஒளியலைகளாக வெளிப்படும் இந்த ஆற்றல் துணுக்குகளைத்தாம் நாம் ஒளித்துகள்கள் (photons) என்று வழங்குகின்றோம்.

இந்தக் குழலின் உள்ளே சாதாரணமாக வளைவான ஓர் உலோகத்தகடு இருக்கும்; இதன்மீதுள்ள பூச்சுதான் ஒளித் துகள்களால் தாக்கப்பெறுங்கால் எளிதாக மின்னணுக்களை வெளிவிடும். இப்பூச்சு பெரும்பாலும் தன்மீது திருப்பிவிடப்பெறும் ஒளி அலைகளின் நீளத்தைப்பொறுத்தே இருக்கும். வெவ்வேறு ஒளியுணர்வுள்ள (light-sensitive)

பொருள்கள் தாம் குறிப்பிட்ட வெவ்வேறு அலைநீளங்களைக் கொண்ட ஒளியினால் தாக்கப்பெறும்பொழுது அதிகமான மின்னணுக்களை வெளிவிடும். சில ஒளிக்குழல்கள் புற ஊதாக் கதிர்கள் அல்லது அகச் சிவப்புக் கதிர்களைப்போன்ற அலை நீளங்களைக்கொண்ட கண்காணு ஒளியினாலும் வேலை செய்கின்றன.

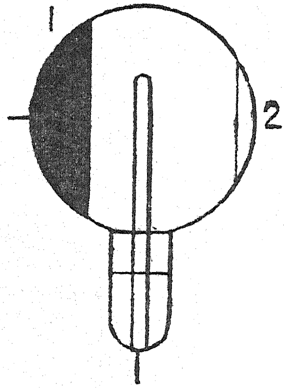
மின்னணுக்கள் எதிர்-மின்வாயைவிட்டு வெளியேறியதும், அவை நேர் மின்சாரத் தன்மையையுடைய நேர்-மின் வாயினால் இழுக்கப்பெறுகின்றன; ஓர் உலோகக்கோலாலான இந்த நேர்-மின்வாய் வளைவான மூலத்தின் எல்லாப் பகுதிகளிலிருந்தும் சம தூரத்திலிருக்கும். மின்னணுக்கள் மின்சுற்றினுள் ஒரு மின்னோட்டமாகப் பாய்கின்றன. ஒளி, மின்னோட்டமாக மாற்றப்பெற்றிருக்கின்றது.

இன்னொரு வகை ஒளிக்குழல் தன்னுடைய மின்னோட்டத்தையே பெருக்கிக் கொள்ளுகின்றது. இந்தக் குழலில் பல நேர்-மின்வாய்கள் உள்ளன. எதிர் - மின்வாயினின்றும் மின்னணுக்கள் கிளம்பி முதல் நேர்-மின்வாயை முட்டி மோதுகின்றன. ஆனால், அங்கு நேர்மின் அழுத்தம் மிக அதிகமாக இல்லை; மின்னணுக்கள் அதனைத் தாக்கியதும், அவை அதிகமான மின்னணுக்களைச்



படம் 37. மின்னணு அதிகமான மின்னணுக்களைச் சிதறச் செய்தல்

சிதறச் செய்கின்றன. இவை யாவும் ஒன்று சேர்ந்து இரண்டாவது நேர்-மின்வாய்க்குச் செல்லுகின்றன. இந்த மின்-வாய் சற்று அதிகமான மின்-அழுத்தைக்கொண்டுள்ளது. இவ்வாறு ஒவ்வொரு மின்னணுவும் சாதாரணமாக ஆறு மின்னணுக்களுக்குமேல் சிதறச்செய்தால், மின்னேட்டம் அதிகரிப்பதை நாம் காண்கின்றோம். இவ்வாறு பலநேர்-மின்வாய்களைக் கடந்து செல்லும் மின்னணுக்கள் எண்ணிக்கையில் அதிகப்பட்டு இறுதியாகவுள்ள நேர்-மின்வாயை அடைந்ததும் மிக அதிக வலுவுள்ள மின்னேட்டத்தை வெளிவிடச் செய்கின்றன. இந்த மின்னேட்டம் பெருக்கிக் குழலின் (amplifier tube) துணையின்றிப் பல செயல்களை நிறைவேற்றுதல் கூடும். இத்தகைய குழல்கள் அதிகமான மின்னேட்டம் தேவைப்படாதபொழுது பயன்படுத்தப் பெறுகின்றன; இதனால் இடச்சிக்கனமும் கிடைக்கின்றது.



படம் 38. ஒளி மின்சாரக்கலம்
1. ஒளியுணர்வுள்ள பூச்சு;
2. இங்கு ஒளி பிரகாசித்தல்

ஒளிக்குழலுடன் மிகவும் நெருங்கின உறவுடையது ஒளிமின்சாரக்கலம் (photo-cell) ஆகும். இஃது ஒளி ஆற்றலை மின்னாற்றலாக மாற்றும் ஒருவகைச் சாதனம் ஆகும். இஃது ஒளியுணர்வுடைய கண்ணாடிக்குமிழாகவோ, அல்லது ஒருசிறிய உலோகத் தட்டாகவோ இருக்கலாம்.

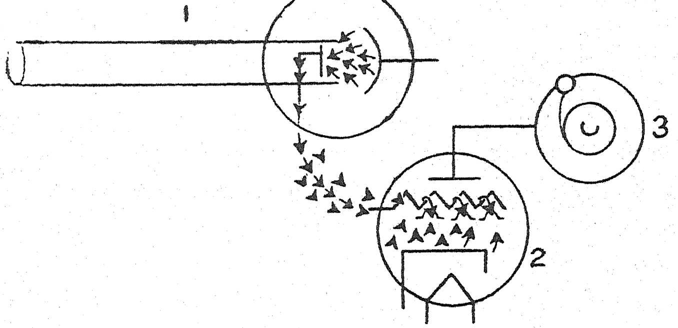
சில வகை ஒளிக்குழல்களில் வாயு நிரம்பியிருக்கும்; சில குழல்கள் உயர்ந்த-வெற்றிடக்குழல்களாகவும் இருக்கும். வாயு நிரம்பிய குழல்கள் மிகவும் ஒளிகுறைந்த ஒளிக்கற்றையாலும் இயங்கும்; எதிர்-மின்வாயை

விட்டு வெளியேறும் ஒரு சில மின்னணுக்களும் இடையில் யாதொரு தடையுமின்றி நேர்-மின்வாய்க்குப் பாதுகாப்பாக அனுப்பப்பெறுகின்றன. தவிரவும், குழலிலுள்ள வாயு அணுக்களும் தம்முடைய சில மின்னணுக்களை அவற்றுடன் சேரச் செய்கின்றன. இக்காரணத்தால்தான் ஒளிக் கற்றை தனக்குச் சரியான மின்சாரமாக மாற்றப்படவேண்டிய இடத்தில் உயர்ந்த-வெற்றிடக்குழல்கள் பயன்படுத்தப் பெறுகின்றன. குழலில் வாயு இருந்து மின்சாரத்திலும் சிறிது மாற்றம் ஏற்படின், நமக்குக் கிடைக்கும் படம் தவருனதாகிவிடும்.

ஒளி மின்சாரக்கலங்களுக்கு ஒரு விசித்திரமான தன்மை யுண்டு. ஒளிக்கற்றை பிரகாசித்துக்கொண்டிருக்கும்பொழுது அவை "பார்ப்ப"தில்லை; ஒளிக்கற்றை "உடையும்" பொழுதுதான் அவை பயனுள்ளமுறையில் இயங்குகின்றன. ஒளிக்கற்றை உடைபட்டதும், அது தன்னுடன் இணைந்து இயங்கும் துணைக்குழல் இயங்குவதற்கு ஓர் அடையாளமாகின்றது. எடுத்துக்காட்டாக, திருடர்கள் வருவதை அறிவிக்கும் சாதனம் (burglar alarm) இக்காரணத்தால்தான் இயங்குகின்றது.

மேற்குறிப்பிட்ட சாதனத்தில் ஓர் ஒளிக்கற்றை வாயிற் படிகளிலோ, சாளரங்களிலோ, அல்லது வீட்டின் நடை பாதையிலோ, அல்லது மாடிப்படிகளிலோ குறுக்கே போகுமாறு செய்யப்பெற்றுள்ளது. இந்த வழிகளில்தானே கள்வர்கள் வருதல் கூடும்? இந்த ஒளி கண்காணு ஒளி யாக இருக்கும் என்பது வெளிப்படை. கள்வர்களின் கண்ணுக்கு இவ்வொளி தென்பட்டால், அவர்கள் அதன் மீது படாதவாறு போகக்கூடுமல்லவா? இந்த ஒளிக்கற்றை நடைபாதையின் குறுக்கே ஓர் ஒளிக்குழலின் எதிர்-மின்

வாயின்மீது விழுமாறு அமைக்கப்பெற்றிருக்கும். இஃது ஒளிக்குழலின் குறுக்கே நேர்-மின்வாயிலிருந்து தன்னுடன் இணைந்து இயங்கும் ஒரு பெருக்கிக்குழலின் கம்பி வலையின் சுற்றுக்கு (grid circuit) மின்னணுக்களை அனுப்புகின்றது; இந்த எதிர் மின்னேட்டம் பாய்ந்துகொண்டிருக்கும்வரை கம்பி வலை குழலினுள்ளிருக்கும் மின்னணுக்



படம் 39. திருடன் வருகையை அறிவிக்கும் சாதனம் இயங்குவதைக் காட்டுவது

1. ஒளிக்குழலின் எதிர்-மின்வாயில் ஒளி பிரகாசிக்கின்றது; மின்னணுக்கள் நேர்-மின்வாய்க்குத் தாவிக் குதிக்கின்றன.

2. மின்னணுக்கள் ஓர் ஒலிபெருக்கியின் கம்பி வலையினுள் பாய்ந்து அதனை எதிர் மின்சாரத்தன்மை யுடையதாக்குகின்றன.

3. கம்பிவலை எதிர் மின்சாரத் தன்மையுடனிருக்கும்வரை மின்னணுக்கள் தட்டினை அடைந்து சாதனத்தை இயக்கமுடியாது.

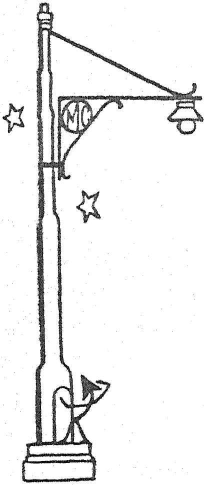
களைத் தட்டினை அடைவதினின்றும் தடுத்து நிறுத்துகின்றது. ஆனால், திருடன் நடைபாதையில் போகும்பொழுது அவன் கண்காணு ஒளிக்கற்றையைக் கடந்து அதனை உடைக்கின்றான். ஒளி உடைபட்டதும் ஒளிக்குழலின் குறுக்கேயுள்ள மின்னேட்டமும் நின்று விடுகின்றது. இந்த

மின்னோட்டம் நின்றதும் எதிர்மின்னோட்டம் துணைக் குழலின் கம்பி வலைச்சுற்றுக்குள் பாய்வதில்லை. இப்பொழுது அக்குழலிலுள்ள மின்னணுக்கள் கம்பி வலையைக் கடந்து சென்று சுற்றினை முற்றுப்பெறச் செய்கின்றன. இக்குழலி னின்றும் வெளிச்செல்லும் மின்னோட்டம் திருடன் வருகையை அறிவிக்கும் சாதனத்தை இயக்குகின்றது.

மந்திர நீர் ஊற்றுக்களும் (magic fountains) தாமாகத் திறந்து மூடும் கதவுகளும் மேற்கூறியபடியே செயற்படு கின்றன. ஊற்றில் நீர் அருந்துவதற்கு நாம் குனியும் பொழுது ஒளிக்கற்றை உடைந்து மின்னோட்டம் பெருக்கிக் குழலினுள் பாய்கின்றது; இங்ஙனமே, நாம் கதவுகளின் அருகே வரும்பொழுது ஒளிக்கற்றை உடைபட்டு மின்னோட் டம் பாய்கின்றது. இக்குழல் கதவுகளைத் திறக்கவும் ஊற்றின் நீர் பாயவும் காரணமாக அமைகின்றது. பாண்டவர்களுக்கென இந்திரப் பிரஸ்தத்தில் மயனால் அமைக்கப்பெற்ற அரண்மனையில் இவைபோன்ற பல விசித்திர அமைப்புக்கள் அமைக்கப் பெற்றிருந்ததாகப் 'பாரதம்' கூறுகின்றது.

பம்பாய், கல்கத்தா, சென்னை, தில்லி போன்ற பெரிய நகரங்களில் ஒளிக்குழல்கள் பெரும்பாதைகளிலும் தெருக் களிலுமுள்ள மின்விளக்குகள் தாமாக எரியச் செய்வதற்குக் காரணமாகின்றன. சாதாரணமாகப் பகலிலுள்ள சூரியஒளி ஒளிக்குழல்மூலம் மின்னோட்டம் பாயுமாறு செய்கின்றது. மாலை நேரம் வந்ததும் இருள் சூழவே குழலின் மூலம் செல்லும் மின்னோட்டம் நின்று போகின்றது; இப்பொழுது பெருக்கிக்குழலின் மூலம் மின்னோட்டம் சென்று தெரு விளக்குகளை இயக்குகின்றது. இக்காரணத்தால்தான் பகலில் இருள்சூழ்ந்து மழை பெய்யும்பொழுது, இரவு வராதமுன்பே

விளக்குகள் தாமாகவே எரிகின்றன. சரியான அளவு பகல் ஒளி இல்லாமையால் விளக்குகள் அணைவதில்லை.



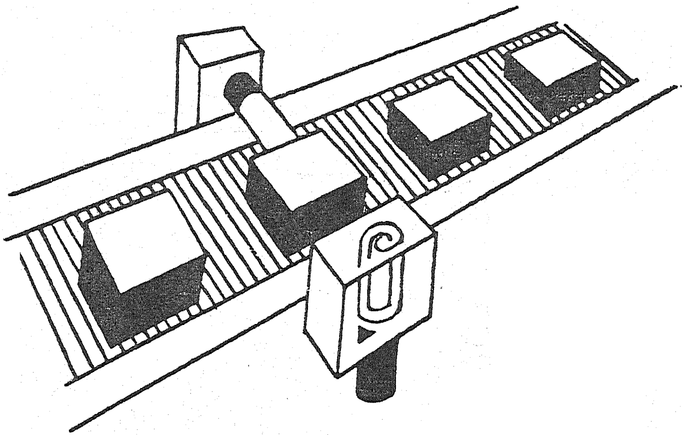
படம் 40.
தெரு விளக்கு

ஒளிக்குழல்கள் தீ பற்ருது காக்கும் காவலர்களாகவும் பணிபுரிகின்றன. தாமாக இயங்கும் அஞ்சல் நிலையங்களில் (relay stations) மக்கள் வேலை செய்வதில்லை. ஆகையால் யாவர் கண்ணிலும் படாமல் தீப் பற்றக்கூடும். ஆனால், மேலே எழும் புகை ஒளிக்கற்றையை உடைத்து மணியடிக்கும் சாதனத்தை (alarm) இயக்கி ஒலியை உண்டாக்கிவிடும்.

சில தொழிற்சாலைகளிலுள்ள பொறிகளில் ஒளிக்குழல்கள் பாதுகாப்பு அளிக்கும் காவலர்கள் போலவும் பணிபுரிகின்றன. அவை கூரான வெட்டும் கத்திகள், அறுக்கும் இரம்பங்கள், துளையிடும் சாதனங்கள் ஆகியவற்றின்முன் இருந்து அங்குப் பணியாற்றுவோரை விபத்தினின்றும் காக்கின்றன. ஒரு விரல், அல்லது கை அல்லது ஆடையின் ஒரு சிறுமுனை அவற்றின் அருகே வந்து ஒளிக்கற்றையை உடைத்தாலும், அதனால் ஏற்படும் மின்னோட்டம் ஒரு கணத்தின் ஒரு சிறுபகுதி நேரத்தில் அப்பொறியை இயங்காமல் செய்துவிடும். இன்று கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் (radio isotopes) இப்பணிகளைச் செய்கின்றன.

பொருள்களைக் கணக்கிடுவதிலும், அளவிடுதலிலும் ஒளிக்குழல்கள் பங்கு பெறுகின்றன. பொருள் அதிக வேகமாகச் சென்றாலும், அவை அவற்றினிடையே சிறிதளவு இருக்கும் வரை, அவற்றை ஒளிக்குழல்கள் எண்ணிக் கணக்கிட்டு

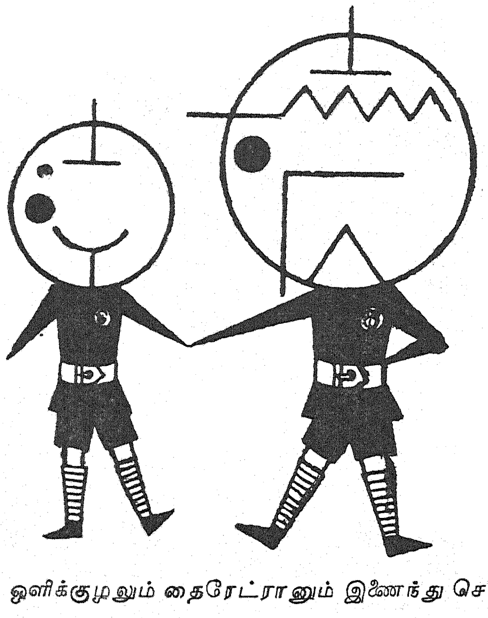
வீடும். தொடர்ந்துசென்று கொண்டிருக்கும் ஒளிக்கற்றை ஒவ்வொரு தடவையும் உடையும்பொழுது அடையாளம் ஏற்பட்டு ஒரு பொருள் செல்லுவதை உணர்த்தும். துணைக் குழல் இந்த அடையாளத்தைப்பெருக்கி அதனைக்கொண்டு ஒரு நெம்புகோலை இயங்கச்செய்யும்; அல்லது சென்று கொண்டிருக்கும் பொருள்களைப் பதிவுசெய்ய ஒரு குறியை உண்டாக்கும்.



படம் 41. ஒளிக்குழல்கள் பொருள்களைக் கணக்கிடுதல்

ஒளிக்குழல்கள் ஒளியையும் அதன் வெவ்வேறு அலை நீளங்களையும் நுட்பமாக உணர்வதால் அவை வண்ணங் களை அளவிடுதலிலும், அவற்றை இனம் இனமாகப் பிரிப் பதிலும் பெரிதும் பயன்படுகின்றன. நம்முடைய கண்கள் பத்தாயிரம் விதமான வண்ண வேறுபாடுகளையும் நிறக் கூறுகளையும் (tints) உணரக்கூடும். இஃது ஒரு பெரிய அளவாகத் தோன்றலாம். ஆனால், ஒளிக்குழலுடன்கூடிய மின்னணுவியற்பொறி நுட்பச் சாதனம் இருபது இலட்சம்

வெவ்வேறு விதமான வண்ண வேறுபாடுகளைப் பிரித்தறியும்; அவை இந்த வண்ணங்களின் அலைநீளங்களில் மிகச்சிறிய மாறுபாடுகளையும் உணரக்கூடுமாதலின் இது சாத்தியமாகின்றது. இவற்றிலிருந்து இந்தத் துறைநுட்பம் பூச்சுகள், காகிதங்கள், சாயத்துணிகள் ஆகியவற்றை உற்பத்தி செய்வோருக்கு எவ்வளவு முக்கியமானதாகும் என்பதை நாம் உணர்கின்றோம். இவற்றில் வண்ணங்கள் சரியாகப் பொருந்தவேண்டும். மின்னணு யுக்தி முறையால் தவறு யாதொன்றுமின்றி இதனைச் செய்துகொள்ளலாம்.

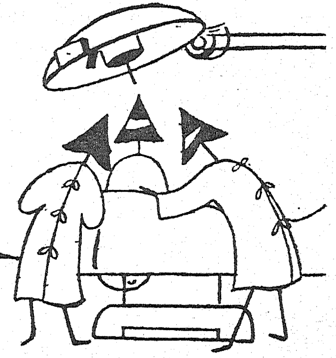


படம் 42. ஒளிக்குழலும் தைரேட்ரானும் இணைந்து செயற்படுதல்

'மின்சாரக் கண்கள்' (electric eyes)—அதாவது ஒளிக்குழல்கள்—உலோகத் தகடுகளில் ஊசித் துளைகளையும் கண்டறியவல்லவை; அவை காற்றில் அல்லது நீரில்

மிகச்சிறிய அசுத்தங்களையும் அறிந்துகொள்ள வல்லவை. எடுத்துக்காட்டாக, வாயு அல்லது வேதிப்பொருள்கள் (chemicals) தம்முடைய ஒளியின் அலைநீளங்களைப் பிரதிபலிக்கும்; ஒளிக்குழல் இவற்றை ஏற்றுத் தன்னுடைய துணைக்குழலுக்கு அடையாளங்களாக அனுப்பும். தைரேட்ரான் என்ற குழல்தான் சாதாரணமாக ஒளிக்குழலுடன் சேர்ந்து செயற்படுகின்றது. இவற்றைத் துப்பறிவோரும் ஊர்க்காவலரும்கூட வெல்லமுடியாது; அவ்வளவு மிக நுட்பமாக இக்குழல்கள் பணிபுரிகின்றன. இன்று அணுவாற்றலால் உற்பத்தியான கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் இத்தகைய பணிகளைச் செய்கின்றன.

8. உடல் நலப் பாதுகாப்பில்



மின்னணுவியலால் நம்முடைய உடல்நலம் நன்கு பாதுகாக்கப்பெறுகின்றது. நாம் உண்ணும் உணவு தூய்மையாக உள்ளதா என்பதைச் சதா கவனிக்கவும், அவ்வுணவிற்கு உடல்நலம் பேணும் கதிர்வீசல்களை எற்றவும், உணவிலிருந்தும் அதன் கொள்கலனிலிருந்தும் நுண்ணிய நோய்ப் புழுக்களை அழிக்கவும் இத்துறை பெரிதும் பயன்படுகின்றது. மேலும், அது நாம் பருகும் நீர், பால் ஆகியவற்றையும், சுவாசிக்கும் காற்றையும் சரி பார்க்கின்றது.

நாம் நோய்வாய்ப்பட்டால் நம் நோய் விரைவாகத் தீருவதற்கு மருத்துவருக்கும், மருத்துவ நிலையத்திற்கும் அது பெருந்துணை புரிகின்றது. மின்னணுவியலைச் சார்ந்த புதிர்க்கதிர்கள்தாம் மருத்துவத்துறையில் பெரிதும் பயன் படுபவை.

கதிர்வீசல்களைப்பற்றிப் பேசுங்கால் குறைந்த அலை நீளங்களையுடைய அலைகள் மிகவும் வன்மை வாய்ந்தவை என்று குறிப்பிட்டோம். கண்காணும் ஒளியலைகள் வெப்ப அலைகளைவிடச் சிறியவை; புற ஊதாக் கதிர்களின் அலை

நீளங்கள் ஒளியலைகளின் அலை நீளங்களைவிடச் சிறியவை; புதிர்க்கதிர்களின் அலை நீளங்கள் புற ஊதாக் கதிர்களின் அலை நீளங்களைவிட மிகச் சிறியவை. எனவே, புதிர்க்கதிர்கள் மிகவும் வன்மைவாய்ந்தவையாகும்.

சில புதிர்க்கதிர்கள் கனமான எஃகினையும் துளைத்துச் செல்லவல்லவை. ஆயினும், இவை ரேடியம்விடும் கதிர்களைப்போல் அவ்வளவு குறுகியவை அன்று. காமா-கதிர்கள் (gamma rays) எனப்படும் குறுகிய ரேடியக்கதிர்கள் மிகவும் வன்மை வாய்ந்தவை. ஆகவே, மிகச் சிறிய ரேடியத் துணுக்கினைக் கனமான காரீயப்பெட்டிகளில் வைத்துக் கொண்டு யாதொரு தீங்குமின்றிக் கையாளுகின்றனர். இன்று செயற்கைமுறையில் உற்பத்தி செய்யப்பெறும் கதிரியக்க ஓரிடத்தான்கள் நோய் நீக்குவதில் பெரிதும் பயன்படுகின்றன. ரேடியத்தைவிட இவற்றைக் கட்டுப் படுத்தி ஆள்வது மிகவும் எளிது.

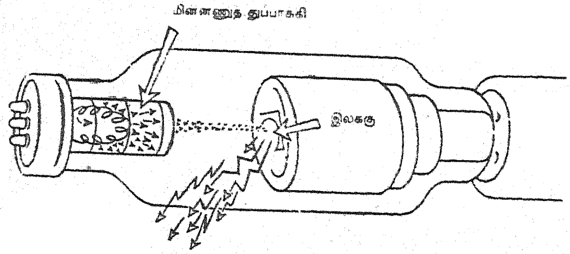
புதிர்க்கதிர்களும் மனிதனால் உண்டாக்கப்பெற்றவையே. ஆகவே, அவற்றையும் விருப்பப்படி இயக்கி வேண்டியவாறு செலுத்தி நன்கு கட்டுப்படுத்தலாம். அவற்றின் சிறப்பான பண்புகள் நமக்குப் பல்லாற்றானும் பயன்படுகின்றன. ஒளி புகாத கெட்டியான திடப் பொருள்களையும் இக்கதிர்கள் ஊடுருவிச்செல்லும். அவை ஒளிரும் பொருள்களை ஒளிவிடுமாறு செய்யும். புதிர்க்கதிர்களைக் கண்ணால் பார்க்கமுடியாதென்றாலும் அவை ஒளிப் படத் தட்டுக்களைப் பாதிக்கின்றன; அதனால் தட்டுக்களில் புதிர்க்கதிர்ப்படங்கள் பதிவாகின்றன. சில புதிர்க்கதிர்கள் உயிருள்ள இழையத்தையும் (tissue) அழிக்கின்றன; சில அதனைப்பற்றிப் புதியவகையான உயிருள்ள பொருள்களாக்குகின்றன. இன்று தாவரங்களின் விதைகளின்மீது

புதிர்க்கதிர்களைப் பாய்ச்சிப் புதியவகைப் பூக்களையும் பெரிய வகைத் தானியங்களையும் உண்டாக்குகின்றனர்.

புதிர்க்கதிர்கள் உற்பத்தியாகும் குழலைப் புதிர்க் கதிர்க் குழல் (x-ray tube) என்று வழங்குகின்றனர். ஒரு மெல்லிய மின்னணுக்களின் அருவியொன்று குழலின் குறுக்கே சென்று நேர்-மின்வாயின் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியை மிக வன்மையாகத் தாக்குமாறு செய்யப்பெறுகின்றது. புதிர்க் கதிர்க்குழலின் எதிர்-மின்வாய் ஒரு மெல்லிய கம்பி இழை யால் ஆனது. இதன்மீது ஓர் உலோகக்கிண்ணம் கவிழ்ந் திருக்கின்றது. இந்தக் கிண்ணம் ஒரு கம்பிவலையின் பணியை நிறைவேற்றி மின்னணுக்களை ஒரு மெல்லிய கற்றையாகப் பாயுமாறு செய்கின்றது. ஒரு மின்சாரக் கைவிளக்கின் ஒளிவரும் பகுதியில் கறுப்புக் காகிதத்தை ஒட்டி அதன் நடுவில் ஒரு சிறிய துளையிட்டால், ஒளி எவ்வளவு மெல்லிதாக ஒரு கம்பிபோல் வருமோ, அங்ஙனமே மின் னணுக்கள் ஒரு புதிர்க்கதிர்க் குழலின் குவிமைய எதிர்-மின் வாயினின்றும் மெல்லிய கம்பிபோல் வெளிவருகின்றன.

ஒரு புதிர்க் கதிர்க்குழலின் நேர்-மின்வாயில் மின் அழுத்தம் மிக அதிகமாக இருப்பதால், மின்னணுக்கற்றை மிகப் பெருவிசையுடன் அதனுல் சட்டெனக் கவரப்பெறு கின்றது. சாதாரணமாக இந்த நேர்-மின்வாய் தாமிரத் தினுல் செய்யப்பெற்றிருக்கும். மின்னணுக்கற்றை எதிர்- மின்வாய் முழுவதையும் தாக்காமல் அதில் இலக்கு (target) எனப்படும் ஒரு குறிப்பிட்ட பகுதியை மட்டிலும் தாக்கு கின்றது. இந்த இலக்கு டங்க்ஸ்டன் எனப்படும் ஒரு பிரத்தியேகமான உலோகத்தால் செய்யப்பெற்றது; டங்க்ஸ் டனின் உருகுவரை (melting point) மிக உயர்ந்தது. (மின் விளக்குகளிலுள்ள கம்பி இழை டங்க்ஸ்டன் என்ற

உலோகத்தாலானது என்பதை ஏற்கெனவே குறிப்பிட்டுள்ளோம்).



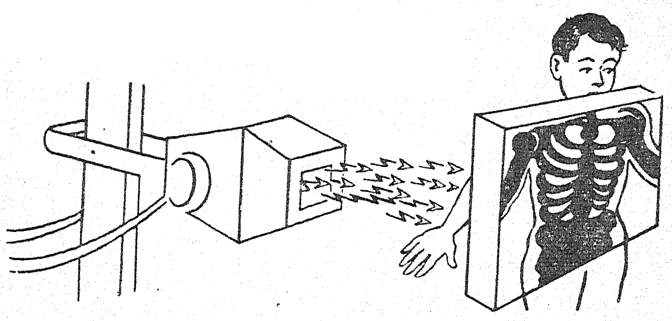
படம் 43. புதிர்க்கதிர்க் குழல்

நல்ல புதிர்க்கதிர்களை அடையவேண்டுமானல், மின்னணுக்கற்றை இலக்கின் ஒரு நுண்ணிய புள்ளியைத் தாக்கவேண்டும். இக்கற்றை ஒரு குறிப்பிட்ட புள்ளியை விடாது தாக்கிக்கொண்டிருந்தால் அப்புள்ளிப்பகுதி உருகக் கூடும். ஆகவே, சில குழல்களில் நேர்-மின்வாயைச் சுழலுமாறு அமைத்து மின்னணுக்கற்றை இலக்கின் பல்வேறு பகுதிகளைத் தாக்குமாறு செய்யப்படுகின்றது. வேறு சில குழல்களில் எண்ணெய் அல்லது நீரை இலக்கின் பின்புறம் சுழலுமாறுசெய்து குளிர்விக்கப் பெறுகின்றது.

குழலின் குறுக்கே ஒரு கற்றையாகச் செல்லும் மின்னணுக்கள் இலக்கினல் திடீரென்று நிறுத்தப்பெறுகின்றன; அவை மிக வேகமாகவும் பெருவிசையுடனும் இலக்கினைத் தாக்கும்பொழுது கற்றையிலுள்ள அணுக்கள் நிலைகுலைகின்றன. இந்த அணுக்கள் திரும்பவும் தம்முடைய நிலையினை அடையும்பொழுது விடுவிக்கும் ஆற்றல் அலைகளைத்தான் நாம் "புதிர்க்கதிர்கள்" என்று வழங்குகின்றோம்.

நம்முடைய உடலினுள் ஏதாவது ஒரு பகுதியில் என்ன நிகழ்கின்றது என்பதை மருத்துவர் அறியவேண்டு

மாயின் அவர் புதிர்க்கதிர்ப் பொறிக்கும் ஓர் ஒளிரும் திரைக்கும் (fluorescent screen) இடையே நம்மை நிறுத்துகின்ருர். புதிர்க்கதிர்கள் நம் உடலின் வழியாகப் பாய்ந்து திரையில் படத்தை விழச்செய்கின்றது. திரையிலுள்ள படம் நம் உடலின் உட்புற அமைப்பினைக் காட்டும். இஃது ஒளிரும் படம் பார்த்தல் (fluoroscopy) என்று வழங்கப் பெறுகின்றது. ஒரு போர் வீரனின் உடலில் பாய்ந்திருக்கும் துப்பாக்கி ரவை இருக்கும் இடத்தினை இம்முறையால் நன்கு தெரிந்து கொள்ளலாம்.



படம் 44. புதிர்க்கதிர்களால் உடலின் உட்பகுதியைச் சோதித்தல்

மருத்துவர் ஒளிரும் திரையில் நிழற்படத்தைக் காண்பதற்குப் பதிலாகப் படத்தையே எடுக்க விரும்பினுல், திரைக்குப் பதிலாகப் ஒளிப்படத் தட்டினை வைக்கின்ருர். போர்வீரனின் உடலில் ஊடுருவிச்செல்லும் புதிர்க்கதிர்கள் பிலிமின்மீது ஒரு நிழற்படத்தை உண்டாக்குகின்றது. இப்படத்தை மருத்துவர் ஆராயலாம். இது ஊடுருவிப் படம் எடுத்தல் (radiography) என்று வழங்கப்பெறுகின்றது.

முன்னேர் அத்தியாயத்தில் அலைவு இயற்றும் குழலைப் (oscillator tube) பற்றிக் கூறும்போது அஃது உயர்ந்த-

அதிர்வு-எண்ணையுடைய வானொலி அலைகளை உண்டாக்குகின்றது என்றும், இந்த அலைகள் தொழிற்றுறைகளில் ஒரு பொருளின் ஊடே மின்னோட்டத்தைப் பாய்ச்சி அதன் உட்புறத்திலிருந்து சூடாக்கப் பயன்படுகின்றன என்றும் குறிப்பிட்டோம் அல்லவா? மருத்துவத்துறையிலும் பிலேயோடிரான் என்ற கருவி இம்மாதிரியே பயன்படுத்தப் பெறுகின்றது. மருத்துவத்துறையில் இதன் பயன் வெப்பம் ஊடுருவல் (diathermy) என்று வழங்கப்பெறுகின்றது. இந்த வானொலி அலைகளைக் கட்டுப்படுத்தக் கூடுமாதலால், தோலைச் சுடாமல் உடலின் எப்பகுதியில் வேண்டுமானாலும் சூட்டினை உண்டாக்கிக்கொள்ளலாம். செயற்கைமுறையில் காய்ச்சலை உண்டாக்கி உடலினுள்ளிருக்கும் தொற்றுக்களை எரித்துவிடலாம்.

வேறு அலைகளும் மின்னணுவியல் மருத்துவத்தில் பயன்படுகின்றன. சில நிமிட நேரத்தில் புற ஊதாக் கதிர்கள் கதிரவன் தரும் நன்மைகளையெல்லாம் தருதல் கூடும். மருந்துச் சரக்குகள், மாத்திரைகள், அறுவை மருத்துவத்தில் பயன்படும் துணிகள் முதலியவற்றைப் பொட்டலங்களாக்குவதில் புற ஊதாக் கதிர்கள் முக்கிய பங்கினைப் பெறுகின்றன. தொற்றுப்புழுக்களைக் கொல்லும் புற ஊதாக்கதிர் விளக்குகள் பாதரச ஆவியால் நிரப்பப் பெறுகின்றன. குழலினுள் பாய்ந்து செல்லும் மின்னணுக்கள் வாயு அணுக்களை முட்டி மோதும்பொழுது அந்த வாயு அணுக்கள் புற ஊதாக் கதிர்களை வெளிவிடுகின்றன. ஓர் ஒளிர்விடும் விளக்கில் முன்னும் பின்னுமாகச் செல்லும் இரு திசை மின்னோட்டத்தைப்போலவே இவற்றிலும் மின்னோட்டம் செல்லுகின்றது. விளக்குகளின் உறைகளின் உட்புறம் ஒளிரும் பொடிகளால் பூசப்பெறுவதற்குப் பதிலாக அவை புற ஊதாக் கதிர்கள் ஊடுருவிச்

செல்லுவதற்கேற்ற பிரத்தியேகமான ஒருவகைக் கண்ணுடி யால் செய்யப்பெறுகின்றன. இக்கதிர்கள் சாதாரணக் கண்ணுடியை ஊடுருவிப் பாய்வதில்லை. இக்காரணத்தால் தான் சாளரத்தின் கண்ணுடிக் கதவுகளின் வழியாக நம்மீது கதிரவன் ஒளி நேராகப்பட்டாலும் நாம் சூரியனின் வெப்பத்தை உணர்வதில்லை. மருந்துச்சரக்குகளும் பிறவும் பொட்டலங்களாக்கப்பெறுங்கால் அவைகளின்மீது படுமாறு செய்யப்பெறும் புற ஊதாக் கதிர்கள் அவற்றினுள் புதிய நுண்ணிய கிருமிகள் புகாதவாறு பாதுகாக்கின்றன.

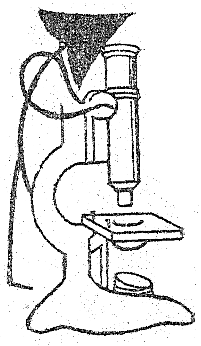
அகச்சிவப்புக் கதிர்களும் மருத்துவத்தில் பயன்படு கின்றன. மிகவும் ஆழமாகப் பாயும் வானொலிக்கதிர்கள் தேவைப்படாதபொழுது இக்கதிர்களைக்கொண்டு சுளுக்கு களுக்கும் காயங்களுக்கும் 'ஒத்நடம்' தரப்பெறுகின்றது. ரேடியத்தினின்று வரும் ஆழப்பாயும் கதிர்களைக்கொண்டு புற்றுநோயைக் குணப்படுத்துகின்றனர். அணுவாற்ற லால் மருத்துவம் ஒரு புதிய கருவியைப் பெற்றுள்ளது.

பெருக்கும் குழல்கள் மருத்துவர்களுக்கு மிக முக்கிய மான கருவிகளாகப் பயன்படுகின்றன. மின்சார கார்டியோ கிராப் (electrocardiograph) என்னும் கருவி நம்முடைய இதயம் துடிக்கும்பொழுது உண்டாகும் மிக நுண்ணிய மின் னோட்டத்தைப் பெருக்கி இந்த மின்னோட்டத்தின் படத்தை ஒரு காகிதத்தின்மீது வரைகின்றது. இதனைக்கொண்டு மருத்துவர் நோயின் தன்மையை நன்கு அறிகின்றார். மின்னியல் ஸ்டெதாஸ்கோப் (electronic stethoscope) என்னும் கருவி நம்முடைய இதயத்துடிப்பை ஒரே சமயத்தில் பல மருத்துவர்கள் அறியக்கூடியவாறு பெருக்கிக் காட்டு கின்றது. நம் இதயத்துடிப்பினைக் கொண்டு மருத்துவர் எத்தனையோ செய்திகளை அறிந்து கொள்ளலாம். மின்சார

என்செஃபலோகிராம் (electro encephalogram) என்னும் நுண்ணிய கருவி நாம் சிந்தனை செய்யும் பொழுது நம்முடைய மூளையில் பாய்ந்து செல்லும் மிகச் சிறிய வலுவற்ற மின்னோட்டத்தையும் அளக்கின்றது.

மின்னணு நுண்பெருக்கி (electron microscope) என்ற கருவி மருத்துவர்களும் அறிவியலறிஞர்களும் சில நோய்க் கிருமிகளை முதல் தடவையாகப் பார்க்கவும், வேறு சில கிருமிகளைப் பெரிதாகக் காணுமாறு செய்து ஆராயவும் துணையாக அமைந்துள்ளது. மருத்துவர்கள் இவற்றை அண்மைத் தோற்றத்தால் நன்கு ஆராய முடிந்தால் இவற்றை எதிர்க்கும் முறைகளையும் நன்கு சிந்திக்க இயலும்.

9. அறிவியல் ஆராய்ச்சியில்



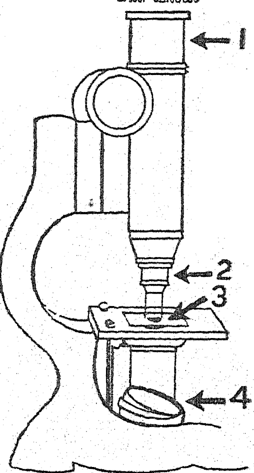
மின்னணுவியல் அறிவியல் ஆராய்ச்சித்துறையிலும் பெரும்பங்கு பெறுகின்றது. இதுகாறும் மக்கள் கண்டறிய முடியாத பல நுட்பமான தகவல்களையெல்லாம் திரட்டுவதற்கு இத்துறை பெரிதும் பயன்படுகின்றது. அவற்றுள் ஒரு சிலவற்றை ஈண்டுக் காண்போம்.

பன்னெடு நாட்களாக நுண் பெருக்கி (microscope) அறிவியலறிஞர்களின் துணைவனாக இருந்து வருகின்றது. இக்கருவியினைக்கொண்டு தம் கண்களால் பார்க்க முடியாதவற்றையும் அவர்கள் கண்டுகொள்ள முடிந்தது; ஆராயவும் முடிந்தது. சில காலம்வரை நுண் பெருக்கிகள் மிகத் திறனுள்ளனவாக அமையவில்லை. நாளடைவில் அவை நன்கு அமைக்கப்பெற்றன. இன்று நவீன உயர் ஆற்றல்-நுண் பெருக்கியினைக் கொண்டு அறிவியலறிஞர்கள் இரண்டாயிரம் மடங்கு பொருள்களைப் பெருக்கிப் (magnify) பார்க்க முடிகின்றது.

முதலில் நுண் பெருக்கி வேலை செய்யும் முறையை அறிந்து கொள்வோம். ஓர் ஆற்றல் வாய்ந்த ஒளியை ஒரு வில்லையினுள் செலுத்தி ஓர் உறைப்பான கற்றை ஆக்கப்

பெறுகின்றது. இந்த ஒளிக்கற்றை நுண் பெருக்கியின் கீழுள்ள பொருளின்மீது விழுமாறு செய்யப்படுகின்றது. இந்தப் பொருள் சோதனைப் பொருள் (specimen) என்று வழங்கப்பெறுன்றது.

சில சமயம் இப் பொருள் மிகவும் மெல்லிதாகவும் ஒளிகசியும் (translucent) தன்மையதாகவும் இருத்தல் கூடும். இதில் ஒளி பாய்ந்து செல்ல முடியும். இந்தச்



1. பெருக்கிய வடிவில் சோதனைப் பொருள் ஒரு வில்லை மூலம் இங்குப் பார்க்கப் பெறுகின்றது.

2. சோதனைப் பொருள் மூலமும் அதன் பிறகு பெருக்கு வில்லைகளின் வழியாகவும் ஒளி பிரகாசிக்கின்றது.

3. சோதனைப் பொருள்.

4. இந்த ஆடியினின்றும் பிரதிபலிக்கப்பெறும் ஒளி மேல்நோக்கிப் பிரகாசிக்கின்றது; இவ்வொளி சோதனைப் பொருள்மீது படுமாறு சுருக்கப்பெறுகின்றது.

படம் 45.
நுண் பெருக்கி

சோதனைப்பொருளின் ஊடே செல்லும் ஒளிக்கற்றை ஒரு ஒளி-நிழல்-படத்தை (light-and-shade picture) உண்டாக்குகின்றது. இப்படம் மற்றொரு வில்லையின் மீது படுகின்றது. இந்த விம்பத்தின் (image) ஒரு பகுதி மீண்டும் பெரிதாக்கப் பெறுகின்றது. இந்தப் விம்பத்தைத்தான் நாம் இறுதியாகக் காண்கின்றோம்.

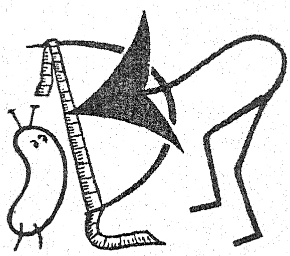
ஒரு நுண் பெருக்கி படத்தில், காட்டப் பெற்றுள்ளது. இத்தகைய நுண் பெருக்கியைக் கொண்டு தாம் பார்க்க விரும்பும் பல பொருள்களைப் பார்த்து ஆராய முடியாமல் ஒரு சங்கடம் அறிவியலறிஞர்களைத் தடைசெய்தது. இந்தச் சங்கடம் யாதென்பதை அறிந்து கொள்ள வேண்டுமாயின், நாம் ஒளியலைகளைப்பற்றிய சில கருத்துக்களை ஈண்டுச் சிந்திக்க வேண்டும்.

நாம் பார்க்கும் ஒவ்வொரு பொருளும் ஒளியலைகளின் ஒளித்திருப்பம் (reflection) என்பதை நினைவு கூர்தல் வேண்டும். வேறுசில அலைகளை நோக்க, ஒளியலைகள் மிகச் குறுகியவை அன்று. அறிவியலறிஞர்கள் ஆராய விரும்பும் ஒரு சில பொருள்கள் உண்மையில் அந்த ஒளியலைகளைவிட மிகச் சிறியவைகளாக உள்ளன. இந்த ஒளியலைகளில் ஆயிரக்கணக்கானவைகளை ஒன்று சேர்த்தாலும் அவை ஓரங்குல நீளம்கூட இருக்கா; இதை எண்ணிப் பார்ப்பது கூட மிகவும் கடினமானது. ஆனால், எண்ணற்ற நோய்க்கிருமிகள் இந்த ஒளியலைகளைவிட மிகவும் சிறியனவாக உள்ளன. அவற்றை அறிவியலறிஞர்கள் ஒருநாளும் பார்த்ததே இல்லை.

மேலும், அறிவியலறிஞாகள பலவேறு சடப்பொருள்களில் அணுத்திரளைகளின் (molecules) கோலங்கள் எவ்வாறு அமைந்திருக்கின்றன என்பதையும் அறிய விழைந்தனர். இந்த முறையில் அத்தகைய சடப்பொருள்களின் வகைகளின் அமைப்பைப்பற்றி ஒருசில குறிப்புக்களை (clues) அறிதல் கூடும். இந்த அணுத்திரளைகளும் சில சமயம் ஒன்றிநிற்கும் ஒருசில அணுக்களாக இருப்பதால் அவற்றைக் கண்ணால் பார்க்க முடிவதில்லை. இவற்றுடன் ஒப்பிட்டு நோக்க ஒளியலைகள் மிகப் பெரியவைகளாக உள்ளன. ஒளி

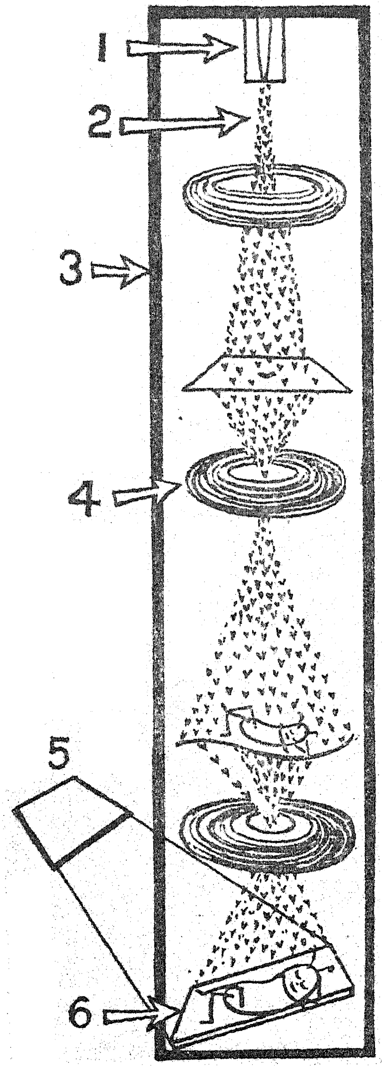
நுண் பெருக்கியினுல் அறிவியலறிஞர்கள் காணக்கூடிய வேறு பொருள்களும் உள்ளன; ஆனுல், அவற்றை ஆராய் வதற்கு, அல்லது படம் எடுப்பதற்கு அவை தெளிவாக இல்லை. மின்னணு நுண் பெருக்கியின் கண்டுபிடிப்பினுல் பெரும்பாலான சங்கடங்கள் நீங்கிவிட்டன.

ஒளிக்குப் பதிலாக மின்னணுக்களைப் பயன்படுத்தி அறிவியலறிஞர்கள் ஒரு பொருளை இலட்சக்கணக்கான தடவை பெரிதாகப் பெருக்கிப் பார்க்கமுடியும். ஒருசிறு புள்ளி ஒரு விமானத்திலிருந்து பறக்கும்போது தரை தெரியும் அளவுக்குப் பெரிதாகத் தோன்றும்; ஓர் இலையின் நரம்பு (vein) உலகிலேயே மிகப் பெரிதாகவுள்ள மரம் போல் காணப்பெறும். ஒளிக்குப் பதிலாக மின்னணுக்களைப் பயன்படுத்துவதனுல், அறிவியலறிஞர்கள் தாம் முன்னர் பொருள்களைக் காணவேண்டும் என்று எங்ஙனம் கனவு கண்டனரோ அங்ஙனம் காணல் முடியும்.



படம் 46. ஒளியலையைவிடச் சிறிதான நோய்க்கிருமி ஒளியலையைப் பிரதிபலிக்க முடியாததனுல் அதனைப் பார்க்க முடிவதில்லை.

இனி, மின்னணு நுண் பெருக்கி எங்ஙனம் செயற்படுகின்றது என்பதைக் காண்போம். இக்கருவியின் உச்சியில் ஒரு மின்னணுத் துப்பாக்கியுள்ளது. நடுவில் ஒரு சிறு துளையினைக்கொண்ட நேர்-மின்வாயால் மூடப்பெற்றுள்ள ஒரு வெப்பமான எதிர்-மின்வாயே இத்துப்பாக்கியாகும். சாதாரண நுண் பெருக்கியில் ஒளி ஒரு கற்றையாகச் செல்லுவதைப்போல் இத்துளையின் வழியாக மின்னணுக்கள் ஒருகற்றையாகப் பாய்கின்றன. இக்கருவியில் கண்ணுடி



படம் 47.
மின்னணு நுண் பெருக்கி
செயற்படுவதைக் காட்டுவது

1. மின்னணுத் துப்பாக்கி;
2. மின்னணுக் கற்றை;
3. மேலுறை;
4. காந்த வில்லை;
5. காணும் திரை;
6. ஒளிரும் திரை.

குறிப்பு: ஒளிக்குப்பதிலாக மின்னணுக்கற்றை இதில் பயன்படுகின்றது.

வில்லைகள் இல்லை. அவற்றிற்குப் பதிலாக மின்னணுக் கற்றையைக் குவியம் (focus) செய்வதற்குக் காந்தப் புலன்கள் பயன்படுத்தப்பெறுகின்றன. கண்ணாடி வில்லைகள் ஒளிக் கற்றையை என்ன செய்கின்றனவோ அதையே இந்தக் காந்த வில்லைகள் மின்னணுக்கற்றையையும் செய்கின்றன.

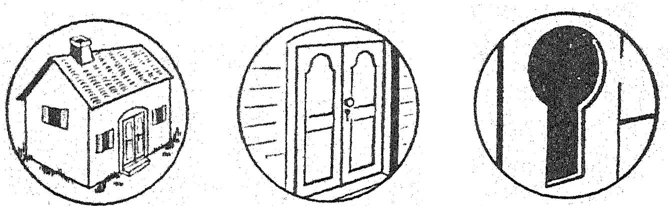
மின்னணுக்கற்றை துப்பாக்கியினின்று பாய்ந்து வந்ததும், அது காந்த வில்லையினுள் செல்லுகின்றது. காந்த வில்லையென்பது படத்தில் காட்டப்பெற்றிருப்பதுபோல் அமைக்கப்பெற்ற ஒரு கம்பிச் சுருளாகும். இந்தக் காந்த வில்லை இக்கற்றையைச் சோதனைப்பொருளின்மீது குவியச் செய்கின்றது. மின்னணுக்கள் சோதனைப்பொருளைத் தாக்கும்பொழுது தாம் தாக்கும் இடத்தில் தம்முடைய திண்மைக்கேற்றவாறு அதிகமாகவோ குறைவாகவோ அதனை ஊடுருவிச் செல்லுகின்றன. அந்தச் சோதனைப் பொருளின் கோலத்திலேயே அவை மறுபுறத்தில் வெளி வருகின்றன.

இந்தக்கோலம் மீண்டும் குவியம்செய்யப்பெற்று பெரிதாக்கப்பெறுகின்றது. அதன் பிறகு இவ்வாறு பெரிதாக்கின வடிவத்தில் ஒரு பகுதி மீண்டும் மற்றொரு காந்தவில்லையால் பெரிதாக்கப்பெறுகின்றது. இந்த இறுதியான வடிவம் ஓர் ஒளிரும் திரையின்மீது (fluorescent screen) விழச் செய்யப்பெறுகின்றது. மின்னணுக்கள் தாக்கும்பொழுது இத்திரை ஒளிருகின்றது. அதிக மின்னணுக்கள் உள்ள இடத்தில் அதிக ஒளியும், சோதனைப்பொருள் அதிகத் திண்மையாக இருக்கும் பகுதியில் குறைந்த மின்னணுக்கள் ஊடுருவிச் செல்வதால் குறைந்த ஒளியுமாக ஏற்படுகின்றன.

அறிவியலறிஞர்கள் சோதனைப் பொருளை ஒளிப் படமாக எடுக்க விரும்பினால் அவர்கள் ஒளிரும் திரைக்குப்

பதிலாகப் ஒளிப்படத் தட்டினைப் பயன்படுத்துவர் ஒரு பிரத்தியேகமான பம்பினைக்கொண்டு மின்னணு நுண் பெருக்கியிலுள்ள காற்று அகற்றப்பெறுவதனால், இக் கற்றையை ஒதுக்குவதற்கு (deflect) அதனுள் காற்ற ணுக்கள் இல்லை.

நாம் ஒரு பெரிய தொலை நோக்கியின் (telescope) வழி யாக ஒரு வீட்டினைப் பார்ப்பதாகக் கற்பனை செய்துகொண் டால் மின்னணு நுண் பெருக்கி சோதனைப் பொருளைப் பெருக்கிக்காட்டும் நிலைகளை மனத்திரையில் அமைக்கலாம். வீடு கண்ணாடி வில்லை முழுவதையும் நிரப்புகின்றது(1).



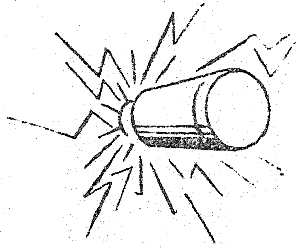
படம் 48. தொலை நோக்கியின் வழியாக வீடு காணப்பெறல்

அதைத் திரும்பவும் குவியம் செய்யும் பொழுது வீட்டின் கதவுமட்டிலும் கண்ணாடி வில்லையை நிரப்பும்(2). இப் பொழுது கதவு வீட்டளவு இருக்கும். இதனை மீட்டும் குவியம் செய்தால் இப்பொழுது கதவின் சாவித்துளை மட்டிலும் தெரியும்(3); ஆனால், இது கதவைப்போலவும் வீட்டைப்போலவும் அவ்வளவு பெரிதாக இருக்கும்.

அறிவியல் ஆராய்ச்சிக்குத் துணையாக இருக்கும் மற் றொரு மின்னணுப் பொறியமைப்பு ஸ்ட்ரோபோட்ரான் (stro- botron) என்னும் கருவியாகும். ஸ்ட்ரோபோட்ரான் என் பது வாயுவினால் நிரப்பப்பெற்ற ஒரு குளிர்க்க எதிர்-மின்

வாய்க் குழலாகும். இது பலவகையில் பயன்படுத்தப்பெற்ற போதிலும், இது மிகப் பிரகாசமுள்ள ஒளியினையும் தருகின்றது. இந்த ஒளியினைக்கொண்டு பொருள் மிக வேகமான நிலையிலிருக்கும்போதும் படம் எடுக்கலாம். இத்தகைய ஒளிப்படத்தை ஸ்ட்ரோபோஸ்கோபிக் ஒளிப்படம் என்று வழங்குகின்றோம்.

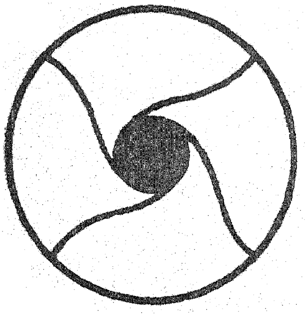
மேற்குறிப்பிட்ட ஸ்ட்ரோபோஸ்கோபிக் படங்களை நாம் பார்த்திருக்கின்றோம். எடுத்துக்காட்டாக, ஒரு சிறு துளி பால் பாத்திரத்தில் விழுந்து தெறித்தல், ஓர் உதை பந்து மிகச் சிறு நேரத்தில் உதைக்கப்பெறல், ஒரு துப்பாக்கி ரவை ஒரு கண்ணாடியினைத் தாக்குதல்—ஆகிய நிகழ்ச்சிகளடங்கிய படங்களைக் கூறலாம். அறிவியலாராய்ச்சிகட்கு இத்தகைய படங்கள் பெரிதும் பயன்படுகின்றன. ஏனெனில், அவை மானிடக் கண்கள் பார்க்கமுடியாத வேகமான நிகழ்ச்சிகளைத் தெளிவாகவும் மிகச் சரியாகவும் உணர்த்துகின்றன.



படம் 49. துப்பாக்கி ரவை கண்ணாடியினைத் தாக்குதல்

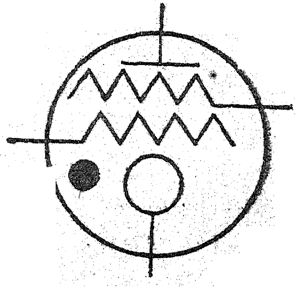
இத்தகைய படங்களை எடுக்கவேண்டுமாயின் ஒளி ஒரு விநாடிக்கு ஆயிரக்கணக்கான தடவைகள் 'பளீச் பளீச்' சென்று தெளிவாக மின்னிக்கொண்டிருக்கவேண்டும். அந்த நிலையில் பொருள் இயங்கும்பொழுது படங்கள் தொடர்ந்து எடுக்கப்பெறுகின்றன. ஒளி ஒவ்வொரு தடவை மின்னும் பொழுதும் ஒவ்வொரு தெளிவான படம் ஒவ்வொரு நிலையிலும் எடுக்கப்பெறுகின்றது. ஒளி சரியாக 'பளிச்'சிடா விட்டால் அஃது ஒரு பெரிய தெளிவற்ற படமாகப்போய் விடும்.

இந்த ஒளி ஏன் மின்னணுவியல் முறையில் இருக்க வேண்டும் என்பதையும் நாம் உணரலாம். சாதாரணமான ஒரு மின்விளக்கில் ஒரு விநாடியில் நூறில் ஒரு பங்கு கால அளவில்கூடக் கம்பி இழை ஒளிருவது நின்றும் ஒளி தருவது தொடங்கியும் செயற்படுவதற்கேற்றவாறு குளிர்ந்த நிலைக்கு வருதல் இயலாது. மின்னணுவியல் முறையிலுள்ள ஒளிரும் விளக்கிலும் மின்னோட்டம் பாய்வதைத் தொடக்கிவிட்ட பிறகுதான் குழலின் உட்புறத்திலுள்ள ஒளிரும் பூச்சு ஒளியலைகளைத் தருகின்றன.



படம் 50. மிக விரைவாகப் படம் எடுக்கும் காமிராவிலும் வேகமாக இயங்கும் மூடி ஒரு விநாடியின் 1200 இல் ஒரு பங்கின் காலத்தில் தான் மூடித் திறக்கின்றது

ஸ்ட்ரோபோட்ரான் என்றும் கருவியில் மின்னணுக்கள் மின்தங்கி (condenser) எனப்படும் ஒருவகை மின்னணுச் சேகரக்குழலில் பாய்கின்றன. மின்தங்கி நிரம்பியதும் அது



படம் 51. ஒரு ஸ்ட்ரோபோட்ரான் குழல் பளிச்சென்று செல்லும் ஒளியை ஒரு விநாடியின் 10,00,000 இல் ஒரு பங்கின் காலத்தில் கட்டுப்படுத்துகின்றது

வழிகின்றது; குழலிலுள்ள வாயு அணுக்களுடன் மின்னணுக்கள் சேர்ந்து பளீச்சென்ற ஒரு பேரொளியைத் தருகின்றன. இவ்வாறு பளிச்சிடும் ஒளிகளைக் கட்டுப்படுத்தி விடலாம். அவை சாதாரணமாக ஒளிப்படம் எடுப்பதில் மூடியாக இயங்குகின்றன. ஒளி காணப்படுங்கால் மூடி, திறப்பது போன்ற நிலையிலுளளது; படம் எடுக்கப் பெறுகின்றது. ஒளி இல்லாதபொழுது படம் எடுத்தல் முடிந்துவிடுகின்றது. சாதாரணக் காமிராவிலும் ஸ்ட்ராபோட்ரான் காமிராவிலும் மூடி, திறந்து மூடுவதைப் படங்கள் (50, 51) விளக்குகின்றன.

வேகமாகச் சுழலும் பொறிகளைப்பற்றி ஆராய்வதற்கு ஸ்ட்ரோபோஸ்கோபிக் படங்கள் மிகவும் முக்கியமானவை. எடுத்துக்காட்டாக, விமானத்தின் முன்-தள்ளிகள் (propellers) வேகமாகச் சுழல்வதால் அவை மிகுசோர்வு (strain) அடைகின்றன என்பதை ஆராய்ந்தால், அவற்றை எவ்வாறு நன்முறையில் அமைக்கலாம் என்பதைத் திட்டமிடலாம். ஒவ்வொரு நிலையிலும் உள்ள முன்-தள்ளியின் தெளிவான படங்கள் அதன் மிகுசோர்வினை நன்கு காட்டுகின்றன.

அறிவியலறிஞர்கள் காலநிலையை முன்னரே அறிந்து கொள்வதற்கு மின்னணுவியலைப் பயன்படுத்துகின்றனர். ‘டிரான்ஸ்மிஷோ மீட்டர்’ என்னும் கருவி காட்சியைத் தெரிவிக்கின்றது. செலோமீட்டர் (ceilometer) என்னும் கருவி மேகத்தின் உயரத்தை அளவிடுகின்றது. அகச் சிவப்புக் கதிர்களை உறிஞ்சும் ஈரமானி (hygrometer) என்னும் கருவி மூடுபனி உண்டாதலை அளந்து காட்டுகின்றது. டெலிசைகுரோமீட்டர் (telesychrometer) அமைப்பு தானாகவே ஈரப்பதத்தை (humidity) அளந்து விடுகின்றது. “ராவின் ஸோன்டே” (Rawinsonde) என்ற பிரத்தியேகமான ஏற்குங்

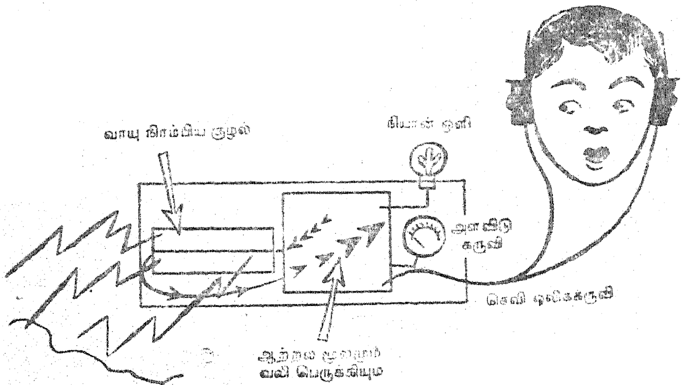
கருவி காற்றின் வெப்பநிலை, தராதர ஈரப்பதம், அமுக்கம், காற்றின் நேர் வேகம் முதலியவற்றை அளக்கின்றது.

ராடார் என்ற கருவி காலநிலையைத் தெரிவிப்பதில் பெருந்துணை புரிகின்றது. (இதைப் பின்னரும் விளக்குவோம்.) அது 200 மைல்களுக்கப்பாலுள்ள பெரும்புயலையும் (tornado) கண்டறிவதால், அதன் வழியில் வதியும் மக்களுக்கு முன்னதாகவே எச்சரிக்கை செய்வதற்கு வானிலை அறிவிப்புத்துறையினருக்கு அது மிகவும் துணையாக வுள்ளது.

மின்னணுமுறையில் இயங்கும் கருவிகளில் அறிவியலறிஞர்கட்கு மிகவும் சிறப்பாகத் துணைபுரிவது கைகர்-எண் கருவி (Geiger counter) என்ற கருவியாகும். இது வாயு நிரம்பிய ஒரு மின்னணுக்குழலைத் தன்னகத்தே கொண்டுள்ளது. அதில் வாயு அணுக்கள் நிரம்பியிருக்கும் பொழுது, மின்னோட்டமே குழலினுள் இராது. ஆனால் அக்கருவி கதிரியக்கமுள்ள பொருளின் முன்னர் வைக்கப் பெறுங்கால், கதிரியக்கங்கள் வாயு அணுக்களை அயனியாக்குகின்றன. இதனால் மின்னணுக்கள் வெளியேற்றப் பெறுகின்றன. இதனால் மின்னோட்டம் குழலினுள் பாய்கின்றது. இதனால் 'களுக்' என்ற ஓசைகள் உண்டாகி எப்பொழுது கதிரியக்கம் (radio-activity) உள்ளது என்பதை அறிகின்றோம்.

கதிரியக்கத்தை அளக்கும் நிலையில் அறிவியலறிஞர்கள் பாறைகளின் காலங்கள் (அதனால் பூமியின் காலம்), யுரேனியம் அல்லது எண்ணெய் போன்ற பொருள்களின் இருப்பு, தாவரங்கள் கனிப்பொருள்களைப் பயன்படுத்தும் முறை ஆகிய இன்னோரன்ன பல செய்திகளைத் தெரிந்து கொள்ளுகின்றனர்.

மின்னணுவியல் "மூளைகள்" ("brains"), விடை காண்பதற்குப் பல்லாண்டுகள் ஆகும் கணிதப்பிரச்சினைகட்கும் விடை காண்பதில் அறிவியலறிஞர்கட்குத் துணை புரிகின்றன. பிரத்தியேகமாகத் துளையிடப்பெற்ற அட்டை



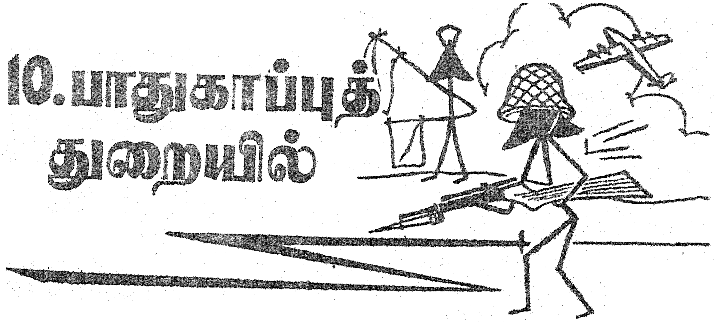
படம் 52, கைகர் எண் - கருவி செயற்படுவதைக் காட்டுவது.

களில் எழுதப்பெற்ற பிரச்சினைகள் இக்கருவிகளில் செலுத்தப்பெறுகின்றன. ஏனையவற்றை வரிசையாகவுள்ள நூற்றுக்கணக்கான மின்னணுக்குழல்கள் நிறைவேற்றுகின்றன. இந்தச், சிக்கலான சுற்று அமைப்புக்களில் ஏதாவது ஒரு குழல் கெட்டுப்போனாலும் அருகிலுள்ள குழல்கள் (stand-by tubes) செயலில் இறங்குகின்றன. இந்தக் குழல்கள் மின்னணுவியல் 'மூளை'யைத் தவருன விடைகளைத் தருவதினின்றும் காக்கின்றன!

ஆயிரக்கணக்கான ஆண்டுகளாக மக்கள் கண்ட கனவுகளையெல்லாம் அறிவியலறிஞர்கள் இன்று நனவுகளாக்கிக் கொண்டு வருகின்றனர். அவர்கள் தனிமங்களையே (elements) மாற்றுகின்றனர். அவர்கள் ஒரு தனிமத்தைப் பிறிதொரு

தனிமமாக மாற்றுவதுடன், இதுகாறும் இராதபுதிய தனிமங்களையும் படைக்கின்றனர். இப்புதிய தனிமங்கள் பொன்னை விட இலட்சக்கணக்கான தடவைகள் விலையுயர்ந்தவை !

10. பாதுகாப்புத் துறையில்

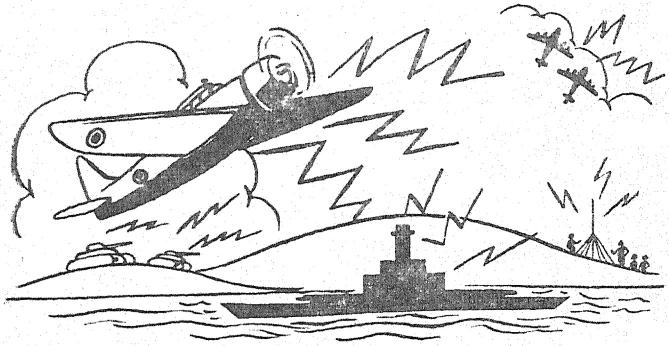


பாதுகாப்புத்துறையின் ஒவ்வொரு பகுதியிலும் மின்னணுவியற் பொறியமைப்புக்கள் செயற்படுகின்றன. போரின் இன்றியமையாமையால் எல்லாவித மின்னணுவியல் அதிசயங்களும் மிக வேகமாக வளர்ச்சியுற்றன. சாதாரணமாக அமைதிக்காலத்தில் இவை வளர்ச்சிபெற்று நிறைவு பெறுவதற்குப் பல்லாண்டுகள் ஆகும்.

அணுகுண்டு கண்டறியப்பெற்றுப் பயன்படுத்தப்பெற்ற வரையில் மின்னணுவியல் துறையில் போரில் செய்தித் தொடர்பு கொள்ளல், செய்தி அறிதல், கட்டுப்படுத்துதல் ஆகிய மூன்றும் முக்கியப் பணிகளாக இருந்தன. இந்தப் பயன்கள்யாவும் அமைதிக் காலத்திற்கும் முக்கியமானவையே. ஆகவே, போர்க்காலத்தில் பயன்பட்ட மின்னணுவியல் அமைப்புக்கள் யாவும் இன்று அன்றாட வாழ்க்கையில் பயன்படுத்தப்பெறுகின்றன.

எல்லாவற்றையும் விடச் செய்தித் தொடர்பு கொள்ளுதல் (communication) தான் முக்கியமான போர்ப்பணியாகும். போரில் ஈடுபட்டு அண்மையிலிருப்போரும் சேய்மையிலிருப்போரும் ஒருவரோடொருவர் தொடர்பு கொண்டிருக்க

வேண்டும். குண்டுவீழ்த்தும் விமானத்தில் (bomber) உள்ளோர் அனைவரும் ஒருவரோடொருவர் பேசும் வசதி பெற்றிருக்கவேண்டும். டாங்கிப் (tank) படையின் தளபதி தன்னுடன் டாங்கிப் படையில் பணியாற்றும் ஏனையோருக்கு அடிக்கடி ஆணைகள் அனுப்பக் கூடிய வசதியுடையவராக இருக்கவேண்டும். விமானங்கள் மூலதளத்துடனும் (base), வான்கலத்தூக்கிகளுடனும் (aircraft carriers), கப்பல்களுடனும், பிற விமானங்களுடனும் செய்தித் தொடர்பு கொள்ள வேண்டும். பணியில் ஈடுபட்ட கப்பல்கள் எப்பொழுதும் தம்



படம் 53. செய்தித் தொடர்பு கொள்ளல்

மொடுதாம் தொடர்பு கொண்டிருத்தல் வேண்டும். முன்னதாகச் செல்லும் சாரணப் படையினர் (scout patrols) தம்முடைய தலைமை நிலையத்துடன் தொடர்பு வைத்துக்கொண்டிருத்தல் வேண்டும்.

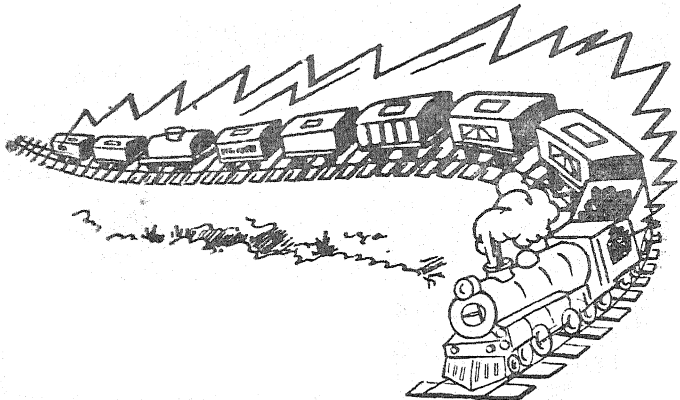
மேற்குறிப்பிட்ட செய்தித் தொடர்புகள் சாத்தியப்பட வேண்டுமாயின் போர்ப்படையினர் இலட்சக்கணக்கான வானொலியின் அனுப்பும் கருவிகளையும் ஏற்கும் கருவிகளையும் பெற்றிருத்தல் வேண்டும். இவை யாவும் மிகக்

கவனத்துடன் ஆக்கப்பெற்றுத் தாம் செய்யவேண்டிய பணியைச் செவ்வனே ஆற்றுவதற்கேற்றவாறு பொருத்தப் பாடு பெறும் வசதிகளுடன் உள்ளன. மனிதன் சுமந்து செல்லும் வானொலிக் கருவிகள் பல மைல்கள் தூரம் பல மணி நேரம் எளிதாகச் சுமந்து செல்லுவதற்கேற்ற வாறு இலேசாக இருத்தல் வேண்டும். அந்தச் சிறிய கருவி யமைப்பில் ஒலி பரப்பும் ஏற்பாடும் ஏற்கும் ஏற்பாடும் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இந்தக் கருவியினைக் கொண்டு ஒருவர் எந்நிலையினும் (நின்று கொண்டோ, அமர்ந்த நிலையிலோ, படுத்த நிலையிலோ) பல மைல்கள் தூரம் வானொலி அலைகளை அனுப்புதல் கூடும்.

அமைதிக் காலத்தில் இந்த இரு-வழி வானொலிக் கருவிகள் பெரிதும் பயன்படுகின்றன. நீண்ட காலமாக ஊர்க்காவல்துறை மோட்டார் வண்டியில்தான் இவை வைக்கப் பெற்றிருந்தன. ஆனால் இன்று ஓர் அலுவலகம், ஒரு தொழிற்சாலை, ஓர் ஆற்றல் நிலையம், ஓர் இல்லத்தலைவி ஆகியோர் அனைவரும் தாம் வதியும் நிலப்பரப்பில் மோட்டார் வண்டியில் செல்லும் மக்களுடன் தொடர்பு கொள்ளும் வசதிகள் ஏற்பட்டுள்ளன. ஒரு தொலைபேசிக் கம்பெனி பழுதுபார்க்கும் வண்டியிலுள்ளோரிடம் தொடர்பு கொண்டு எந்த இடத்திற்கு ஆட்கள் தேவை என்று சொல்ல முடியும். இல்லத்தலைவி அலுவலகத்திலிருந்து வீட்டை நோக்கி வந்து கொண்டிருக்கும் தன் கணவரிடம் பேசி வழியில் வீட்டுக்கு வேண்டிய சில சாமான்களை வாங்கி வருமாறு சொல்லக் கூடும்.

புகைவண்டியிலும் இத்தகைய இரு-வழி வானொலிக் கருவிகள் வைக்கப் பெற்றுள்ளன. வண்டியின் பின்னாலுள்ள பெட்டியிலுள்ளோர் வண்டியின் முற்பகுதியிலுள்ளோரிடம்

பேசலாம். இதற்கு வண்டியை நிறுத்த வேண்டியதில்லை; அல்லது வண்டியினுள்ளேயே பல பெட்டிகளைக் கடந்து வரவேண்டியதுமில்லை.



படம் 54. இறுதிப் பெட்டியிலுள்ளோர் வண்டியின் பொறிப் பகுதியிலுள்ளோரிடம் தொடர்பு கொள்ளுதல்

இந்த இரு-வழி வானொலிக் கருவிகள் பிரத்தியேகமான அலை-நீளங்களில் செயற்படுகின்றன. இவை கிட்டத் தட்ட தொலைபேசியைப்போலவே பயன்படுத்தப்பெறுகின்றன என்று சொல்லலாம்.

டாங்கிகளில் பயன்படும் வானொலிக் கருவிகள் அந்த டாங்கிகள் நகரும்போது உண்டாகும் மிகப் பெரிய அதிர்வினையும் தூக்கித்தூக்கி எறியப்பெறும் ஆட்டத்தையும் தாங்கக் கூடியவைகளாக இருத்தல் வேண்டும். இவற்றைக் கருத்தில் கொண்டு அவ் வானொலிக் கருவிகள் இயற்றப் பெறுகின்றன.

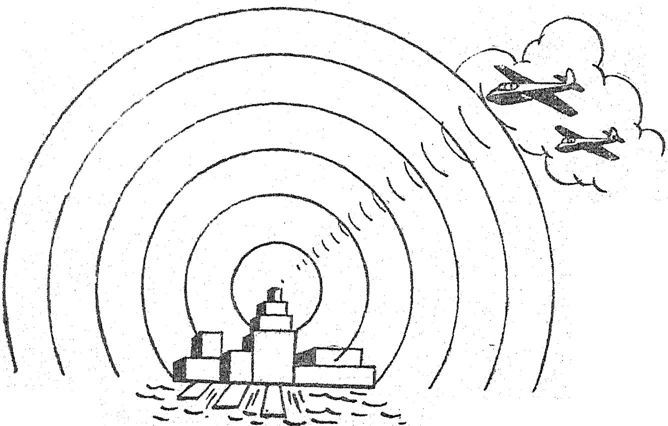
விமானங்களிலுள்ள ஒருவகை வானொலிக் கருவி—"வானொலி-போர் வீரன்" ("radio soldier")—மிகவும்

அதிசயமுடையது. இதனால் விமானங்கள் ஒரு வானொலிக் கற்றையினால் மிகப் பாதுகாப்பான முறையில் வந்தடைகின்றன. வேறு விமானப் பிரயாணக் கருவிகள் அழிக்கப் பெற்றாலும், விமானங்கள் இந்த வானொலிக் கற்றையைப் பின்பற்றிக் கொண்டே இரவினையும் பனியையும் கூடப் பெருட்படுத்தாது நூற்றுக்கணக்கான மைல்களைக் கடந்து தம்முடைய இடங்களுக்கு வந்தடைதல் கூடும். பழக்கப் படாத புதிய இடங்களிலும் அவ்விமானங்களுக்கு அக் கற்றை வழிகாட்டும். இன்று வணிக விமானங்கள் இந்தக் கற்றையைப் பயன்படுத்துகின்றன. விமானி தன்னுடைய செவி ஒலிக்கருவிகளினால் (ear phones) இந்தக் கற்றையை அறிந்து கொள்ளலாம். இந்தக் கற்றை சரியாக ஒலிக்கா விட்டாலும், ஒலிக்காது நின்று போனாலும் தான் கற்றையை விட்டு அப்பால் சென்றுவிட்டதாக விமானி அறிகின்றான்.

ராடார் (radar) முதன் முதலில் போர்த்துறைக்காகவே இயற்றப் பெற்றது; தகவல்களைக் கொண்டு வருவதுதான் அதன் முக்கிய வேலையாகும். ராடாரில் மிக உயர்ந்த-அதிர்வுள்ள, மிகக்குறுகிய அலைக் கொத்துக்கள் ஒலியுணர் கொம்புகளால் அனுப்பப்பெறுகின்றன. ராடாரில் அனுப்பும் கருவியமைப்பும் ஏற்கும் கருவியமைப்பும் ஒரே இடத்தில் இருப்பதால், அலைகள் சென்று மீண்டும் தகவல்களைத் தருகின்றன. இக் கருவியை வேறு பல வழிகளில் பயன் படுத்தினாலும், அடிப்படையில் எல்லாம் ஒன்றேயாகும்.

ராடாரின் அலைகள் மிகத் தீவிரமான சிறுசிறு கொத்துக் களாக அனுப்பப்பெறுகின்றன; ஒவ்வொரு கொத்திற்கும் இடையே ஒரு நிறுத்தம் (pause) உள்ளது. இந்த நிறுத்தக் காலங்களில் ஏற்கும் கருவி சற்று முன்னால் அனுப்பப்பெற்ற கொத்தின் எதிரொலிக்காகக் காத்து நிற்கின்றது. அவ்வாறு திரும்பிவரும் எதிரொலி (echo) தாம் தாக்கும்

பொருள்களினின்று ஏற்படும் அலைகளின் பிரதிபலிப்பே யாகும். அலைக்கொத்துக்களுக்கு இடையே அதிகமான நிறுத்தமும் (waiting) இல்லை. அலைகள் விநாடிக்கு 1,86,000 மைல்கள் வீதம் செல்லுவதால், அலையை, ஏதாவது ஒருபொருள் பிரதிபலித்தால், அந்த எதிரொலி ஒரு விநாடியின் கோடிக்கணக்கின் ஒருசிறு பகுதி காலத்திற்குள் திரும்பி வந்து விடுகின்றது. அலைகளை அனுப்புவோர் அலைகள் செல்லும் வேகத்தை அறிவார்களாதலின், எதிரொலி திரும்பும் காலத்திலிருந்து அவர்கள் அலைகளைப் பிரதிபலித்த பொருள் எவ்வளவு தூரத்திலிருக்கின்றது என்பதைச் சொல்லக் கூடும்.



படம் 55. வானொலி அலைகளின் வலை வானத்தைச் சூழ்ந்துள்ளது. வலையினுள் வரும் விமானங்கள் அலைகளைப் பிரதிபலிக்கின்றன

வளி மண்டலத்தில் பல மைல் அடங்கியுள்ள ஒரு பெரிய வானொலி வலையில் ராடார்* எல்லாப் பக்கங்களிலும்

* Radar என்பது "Radio Detecting and Ranging" என்பதன் சுருக்கமாகும்.

அனுப்பப்பெறுகின்றது. இவ்வாறு அலைகளின் வலையால் பாதுகாப்புடனிருக்கும் பரப்பினுள் ஒரு விமானம் வருமாயின் அஃது அவ்வலைகளை ஏற்கும் கருவியினுள் பிரதிபலிக்கச் செய்துவிடும்.

ஓர் இருட்டறையில் கொள்ளையிடும் கள்வனை அறிவதற்காக வாயிற்காப்போன் மின்சாரக் கைவிளக்கின் ஒளிக் கற்றையை நாலாபுறமும் செலுத்திப் பார்க்கின்றான் அல்லவா? அங்ஙனமே, விமான நிலையங்கள், விமானம் கிளம்பும் இடங்கள், கப்பல் நிலையங்கள் போன்ற இடங்களிலிருந்து அனுப்பப்பெறும் ராடார் துடிப்புக்கள் வானத்தையும் கடலையும் துருவிப் பார்க்கின்றன. இவ்வாறு கற்றையை இயக்கும்பொழுது ஒலியுணர் கொம்பு (antenna) முழுவதும் சுழலுகின்றது. ஓர் எதிரொலி திரும்பி வந்தால், ராடாரின் ஆட்கள் எந்த இடத்திலிருந்து "சுவடு அறியப் பெற்ற" விமானம் வந்து கொண்டிருக்கின்றது என்பதை அறிகின்றனர். போர்க்காலத்தில் விமானத்தைச் சுடும் துப்பாக்கிகள் ராடார் கற்றையின் திசையைத் தாமாகவே அறிந்து கொள்ளுகின்றன; சைகைச் செய்தியை (signal) அறிந்ததும் அவை அவ் விமானங்களைச் சுட்டு வீழ்த்துகின்றன.

பீரங்கிப் படையிலுள்ள பீரங்கியும் மின்னணுவியல் முறையில் குறிவைத்துச் சுடுகின்றது. "அணுபீரங்கி" ஒரு வெடிகுண்டினை மிகச் சரியாகப் பதினைந்து மைல் தூரத்திற்கு மேல் சுடவல்லது. இது வானூர்திகளை நிலத்திற்குக் கொண்டுவரும் காலநிலையில் (weather) பெரிதும் பயன்படக் கூடியது. இந்தப் பீரங்கியில் அணுவின் செயல் ஒன்றும் இல்லை; ஆனால், அது சுடும் வெடிகுண்டு உண்மையில் அணுகுண்டாகும். அது 75 டன் கனமுள்ள

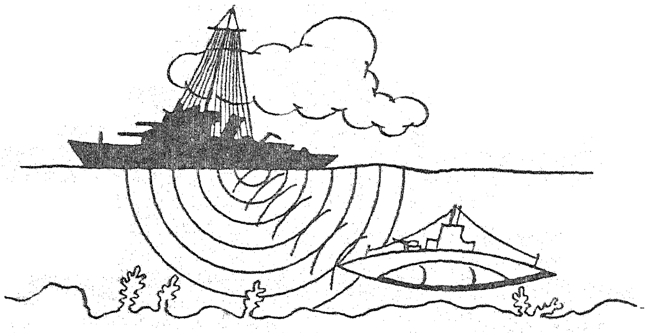
எளிதில் இயங்கும் துப்பாக்கியில் பொருந்துமாறு நெருக்கி அமைக்கப்பெறுகின்றது.

பெரிய கப்பல்களிலுள்ள துப்பாக்கிகள் மிகச் சிக்கலான அமைப்பினைக் கொண்ட மின்னணுவியல் கருவியமைப்பால் கட்டுப்படுத்தப்பெறுகின்றன. இந்த உலகில் சரியாகக் குறிவைத்து அடிக்கக்கூடிய எந்த மனிதனும் இவற்றிற்கு ஈடாக முடியாது. ராடார் கற்றையினைக்கொண்டு தொலைவிலுள்ள பகைவர்களுடைய கப்பல்கள் இரவிலும் மூடுபனியிலும் கப்பலோட்டிகளின் கண்ணில் படுவதற்கு முன்னமேயே சுட்டு வீழ்த்தப்பெறுகின்றன.

ராடார் கருவிகளை இயக்குவோர் திரும்பும் கற்றையின் எதிரொலிகளுக்காகக் காத்திருக்க மாட்டார்கள். இஃது ஓரளவு கடினமானது. ராடாரின் முக்கியப் பகுதி அதிலுள்ள குறி காட்டும் திரையாகும்; இங்கு அவர்கள் அந்தக் கற்றையைக் காணுதல் கூடும். சாதாரணமாக அஃது ஒரு நேர்க்கோடுபோல்தான் காணப்படும்; ஆனால் அஃது ஏதாவது ஒரு பொருளைத் தாக்கிப் பிரதிபலிக்கப்பெறுங்கால், அக்கோடு அசைந்தாடுகின்றது. இது பொருள்கள் கற்றையைப் பிரதிபலிப்பதால் உண்டாகின்றது. கோட்டின் இந்த நிலையினைக்கொண்டே ராடாரை இயக்குவோர் இலக்குப் பொருள்கள் எங்குள்ளன என்று சொல்லிவிடுவர். சில பெரிய குண்டு வீழ்த்தும் விமானங்கள் அல்லது கப்பல்கள் தம்மிடமுள்ள திரையில் வேறுவிதமான படத்தைப் பெறுகின்றன. இதனைக் கொண்டே கப்பல்கள் பகைவர்களின் கடற்கரைகளையும், குண்டு வீழ்த்தும் விமானங்கள் தமக்குக் கீழுள்ள தரையையும் கண்டறிதல்கூடும்.

போர்க்காலத்தில் ராடார் வளர்ச்சி பெற்றாலும், அஃது அமைதிக் காலத்திலும் பல விதங்களில் பயன் தரவல்லது

பெருங் கப்பல்கள் யாவும் பல சிறிய கப்பல்களும் தாம் குறுகிய வழிகளிலோ அல்லது பழக்கப்படாத வழிகளிலோ செல்லும்பொழுதும், மூடுபனியினூடே போகும்பொழுதும் தமக்கு வழிகாட்டியாக இருக்கும் பொருட்டு ராடாரைப் பயன்படுத்துகின்றன. கப்பல்கள் தாம் வேறுகப்பல்களுக்கு எவ்வளவு அருகில் உள்ளன என்பதையும், கடற்கரைக்கு எவ்வளவு அருகிலிருக்கின்றன என்பதையும், இருபக்கங்களிலுமுள்ள தீவுகளுக்கு இடையில் தாம் எவ்வளவு தூரத்திலுள்ளன என்பதையும் ராடரால் அறிந்து கொள்ளமுடிகின்றது. புயல்களைக் காணவும், அவை எவ்வளவு தூரத்திலிருந்து எவ்வளவு வேகமாகக் கடற்கரையை நெருங்கிக் கொண்டிருக்கின்றன என்பதை அறிந்து சொல்லவும் வானிலைத்துறையினர் ராடாரைப் பயன்படுத்துகின்றனர்.



படம் 56. கப்பலிலிருந்துகொண்டு நீர் மூழ்கிக் கப்பலின் இருப்பிடத்தை அறிதல்

வானொலி அலைகள் நீரின் ஊடே பிரயாணம் செய்ய முடியாதாதலின் ராடாரைக் கொண்டு நீர் மூழ்கிக் கப்பலின் இருப்பிடத்தை அறிந்து கொள்ள முடியாது. கப்பலில் உள்ள பிரத்தியேகமான பொறியமைப்புக்கள் இதற்குப்

பயன்படுகின்றன. இந்தப் பொறியமைப்புக்கள் மீஒலிவேக அலைகளை (supersonic waves) அனுப்புகின்றன; அவை செவி அறிவதற்குரிய அலை நீளங்களைப் பெற்றிருக்கவில்லை. அவை மின்சார முறையில் உண்டாக்கப்பெற்றுக் கப்பலுக் கடியில் நீரின் ஊடே ஒரு கற்றையாகச் செலுத்தப்பெறுதல் கூடும். ஸ்ட்ரோபோட்ரான் (strobotron) என்ற கருவி இந்த மீஒலிவேகக் கற்றைகளின் அதிர்வு – எண்களைக் கட்டுப் படுத்துகின்றன.

இந்த அலைகள் மிகக் குறுகிய கொத்துக்களாக நீரின் ஊடே அனுப்பப்பெறுகின்றன. அவை யாதாவது ஒரு பொருளைத் தாக்கினுல் அவை திரும்பவும் கப்பலுக்கு எதி ரொலிக்கின்றன. இந்த மீஒலிவேக அலைகள் சாதாரண ஒலி யலைகளைப் போலவே நீரில் விஞடியொன்றுக்குக் கிட்டத் தட்ட 4000 அடி வீதம் பிரயாணம் செய்வதால், பொருளின் இருப்பிடத்தை உடனே அறிந்து கொள்ள முடிகின்றது.

மேற்கூறிய பொறியமைப்பிலிருந்து மின்னணுமுறை யில் எதிரொலிக்கும் கருவியொன்று வளர்ந்துள்ளது. இது 'கடலைத் துருவிப்பார்க்கும் கருவி' (Sea Scanner) என்று வழங்கப்பெறுகின்றது. இது மிக நுட்பமாக இருப்பதால் இதனைக் கொண்டு கடலில் ஆழ்ந்து விட்ட பெரிதும் சிறிதுமாகிய பொருள்களைக் கண்டறியலாம். இதனைக் கொண்டு ஆழத்தில் செல்லும் மீனும் கண்டறியப்பெறு கின்றது! இந்தக் கருவியினைக்கொண்டு கடலடிகளின் சரியான படத்தைத் தயார் செய்யலாம். அண்மைக் காலம் வரையில் இப்படங்கள் உத்தேசமாகத்தான் தயார் செய்யப்பெற்றன.

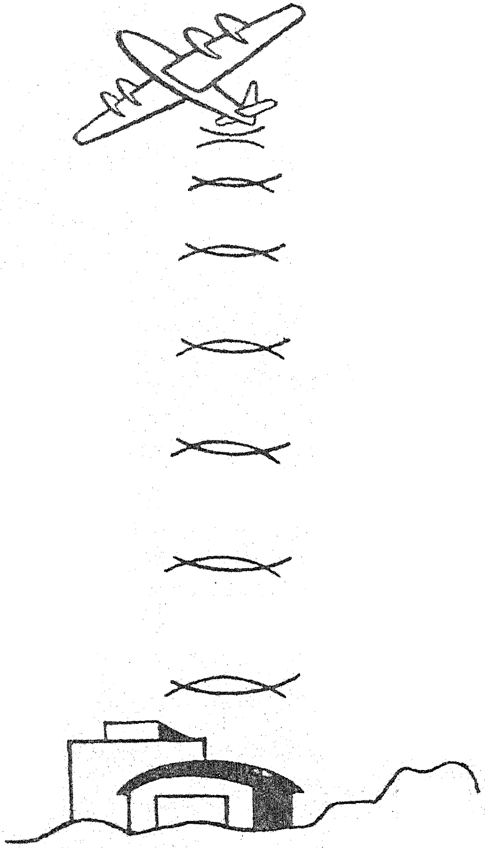
அகச் சிவப்புக் கதிர்கள் போர்த்துறை இரகசியப் பகுதியில் (war intelligence) பெரும் பங்கு பெறுகின்றன.

பெரும்பாலான பொருள்கள் அகச் சிவப்புக் கதிர், காணும் ஒளி ஆகியவற்றின் அலைநீளங்களைப் பிரதிபலிக்கின்றன. இந்த அகச் சிவப்புக் கதிர்களின் அலைநீளங்கள் மிகவும் ஆழ்ந்து ஊடுருவிப் பாயக் கூடியவை. பெரிய உலையொன்றின் கதவினை மூடிவிட்டால் நாம் உள்ளே எரியும் நெருப்பின் ஒளியைக் காணமுடியாது. ஏனெனில், நெருப்பிலிருந்து வரும் ஒளியின் அலை நீளங்கள் இரும்பு உலையை, ஊடுருவி வெளியே வரமுடியாது. ஆனால், அகச் சிவப்புக் கதிர்களை வெப்பவடிவில் உணரலாம். அவை உலையின் சுவர்களின் ஊடே நேராகப் பிரயாணம் செய்கின்றன. இங்ஙனமே, அகச் சிவப்புக் கதிர்கள் மூடுபனி, மேகங்கள், இருள் ஆகியவற்றைத் துளைத்துச் செல்லக் கூடும்.

அகச் சிவப்புக் கதிர்களை உணரக்கூடிய பிரத்தியேகமான பிலிம்களைத் தயார்செய்து கொள்ளலாம். விமானத்தில் பல மைல் உயரத்திலிருந்துகொண்டு மேகங்கள், மூடுபனி ஆகியவற்றினையும் துளைத்து வேவுபார்க்கும் படங்களை இந்தப் பிலிம்களைக்கொண்டு தயார் செய்துவிடலாம். ஒவ்வொரு பொருளிலும் கொஞ்சம் வெப்பம் இருப்பதால் ஒவ்வொரு பொருளும் எப்பொழுதும் அகச் சிவப்புக் கதிர்களை வெளிவிட்டுக் கொண்டேயிருக்கும். சாதாரண பிலிம், ஒளிக்கு எதிர்வினை புரிவதைப்போலவே இக்கதிர்களை உணரக்கூடிய பிலிம் இக்கதிர்களுக்கு எதிர்வினை புரிகின்றன.

சில குண்டுவீழ்த்தும் விமானங்கள் அகச் சிவப்புக் கதிர் பொறியமைப்புக்களைக் கொண்டுள்ளன. இவற்றின் உதவியால் குண்டுகளை வீழ்த்துவோர் இரவிலும் மிக உயரத்திலிருந்துகொண்டு, தம்முடைய இலக்கினை நன்குஅறியலாம். ஒரு கப்பலும் இத்தகைய பொறியினைக் கொண்டு இரவிலும் மூடுபனியிலும் பகைவரின் கப்பலைக் கண்டறிந்து அதனை

அமிழ்த்திவிட ஏற்பாடு செய்யலாம். இன்று எல்லா விமானங்களும் ராடாரையும் அகச் சிவப்புக் கதிர்ப் பொறி



படம் 57. விமானத்திலிருந்துகொண்டு குண்டு வீழ்த்தும் இடத்தை அறிதல்

யமைப்பையும் கொண்டுள்ளன; இவை தற்காப்பு ஆயுதங்

களாகவும், தாக்கும் ஆயுதங்களாகவும் பயன்படுகின்றன. விமானத்திலுள்ளோர் எதிரிகளின் கண்ணுக்குப் படாமல் பறப்பதற்கும், அதே சமயத்தில் எதிரிகளை ஊறுபடுத்து வதற்கும் இக்கருவிகள் பெரிதும் பயன்படுகின்றன.

சில விமானங்கள் அகச் சிவப்புக் கதிர்களுடன்கூடிய பிரத்தியேகமான தொலைக்காட்சி ஒளிபரப்புச் சாதனத்தையும் கொண்டுள்ளன. இவை தமக்கு நேராகக் கீழே என்ன நிகழ்ந்துகொண்டுள்ளன என்பதைத் தம்முடைய தலைமை நிலையங்கட்கு ஒளிபரப்புதல்கூடும். அவை தம்மிடம் ஏற்கும் கருவியையும் கொண்டிருந்து காமிராவும் தாம் பறக்கும் புலத்தில் வேலை செய்தால் விமானிகள் தாம் நிலத்துக்கு இறங்குவதைத் தாமாகவே கவனித்துக் கொள்ளலாம்.

தொலைவிலிருந்துகொண்டே போர்க்கள ஏற்பாடுகளை யும் போர் நடப்பதையும் பார்ப்பதற்குப் பிரத்தியேகமான மின்னுக்கப்பொறியுடன் இணைக்கப்பெற்றுள்ள நகரும் தொலைக்காட்சிக் காமிராக்கள் பயன்படுகின்றன. இன்னும் எத்தனையோ முறைகளில் இத்தகைய கருவிகள் போரில் பயன்படுகின்றன.

வானொலியால் கட்டுப்படுத்தப்பெறும் விமானங்கள் அறிவியல் சோதனைகளில் பெரும்பங்கு கொள்ளுகின்றன. இத்தகைய விமானங்களை விமானிகளின்றியே அனுப்பலாம்; விமானிகளுக்கு விபத்து ஏற்படலாம் என்று கருதுங்கால் இங்ஙனம் செய்யப்பெறுகின்றது. இத்தகைய விமானங்களை விமானி தொலைவிலிருந்துகொண்டே கட்டுப்படுத்தி இயக்கு கின்றான். விமானி பல மைல்களுக்கு அப்பால் தரையில் இருக்கலாம்; அல்லது ஒரு வண்டியில் இருக்கலாம்; அல்லது விமானத்தின் அருகில் வேறொரு விமானத்தில் பறந்து கொண்டுமிருக்கலாம். இந்த விமானங்கள் தம்மிட

முள்ள கருவிகளில் அறிவியல் புள்ளி விவரங்களைப் (scientific data) பதிவுசெய்து கொண்டு திரும்பிவிடும்.

தம்மிடமுள்ள கருவிகளுக்கும் விமானத்திலுள்ள வானொலிக்கும் கட்டுப்பாடு அமைப்பு இருப்பதால், தான் செய்வதையெல்லாம் விமானத்திலுள்ள கட்டுப்படுத்தும் கருவிகள் செய்யும். சில சமயம் ஒரு தொலைக்காட்சிக் காமிராவை இந்த விமானத்தில் பொருத்திவிடுவதுமுண்டு; இது கருவியமைப்புடன் குவியச் செய்யப்பெற்றிருக்கும். தொலைவிலிருந்துகொண்டே விமானி கருவியமைப்பிலுள்ள முகப்பு முட்கள் காட்டுவதைப் படிக்கலாம். மிகத் தொலை விடங்கட்குப் பறக்க நேரிடும்பொழுது இச்செயல் இரண்டு மூன்று விமானிகளால் நிறைவேற்றப்பெறுகின்றது. ஒரு விமானி இவ்விமானத்தை அனுப்புகின்முன் ; மற்ருெரு விமானி வானத்திலிருந்துகொண்டு கட்டுப்பாட்டினைப் பெறுகின்முன் ; இன்ெனுரு விமானி தொலைவிலுள்ள புலத்திலிருந்துகொண்டு அதனைக் கீழிறக்குகின்முன்.

இந்த விமானங்களைப்போலவே வானொலிக் கட்டுப் பாட்டமைப்புடன் மிக்க விரைவாகப் பிரயாணம்செய்யும் இராக்கெட்டுகளை (rockets) அலைகடலுக்கு அப்பாலும் கண்டங் களுக்கு அப்பாலும் அனுப்பலாம். சில சமயம் இவற்றை வேறு கோள்களை நோக்கியும் ஏவி அயனப்பாதைகளில் பிரயாணம்செய்து அறிவியல் புள்ளிவிவரங்களைக்கொண்டு வருமாறு செய்யலாம். இன்று இத்தகைய இராக்கெட்டுக்களை அமெரிக்கா, இரஷ்யா போன்ற நாடுகள் அனுப்பிவருவதைச் செய்தித்தாள்களில் காண்கின்ருேம். இவை பிரத்தியேகமான நிலையங்களில் தங்கியிருக்கும் அறிவியலறிஞர்கட்குத் தம் முடனிருக்கும் கருவிகளில் புள்ளி விவரங்களைப் பதியப் பதிய உடனுக்குடன் அவற்றை அனுப்பிக்கொண்டிருக்கின்றன.

11. விரியும் அறிவியல் உலகம்

அலாவுதீன் என்ற சிறுவன், தன் கையிலிருந்த அற்புத விளக்கினைக்கொண்டு புதிய புதிய அதிசயக்காட்சிகளைக் கண்டதாகக் கதையில் படித்துள்ளோம். இத்தகைய அற்புத விளக்கினையொத்த ஆய்வு மனப்பான்மை - குறுகுறுப்பான இயல்பு – அறிவியலறிஞர்களிடம் அமைந்திருப்பதால் அவர்கள் நிமிடங்கள்தோறும் புதிய புதிய புத்தமைப்புக்களை அமைத்து வருகின்றனர். இவற்றின் துணையால் அறிவியல் உலகம்' விரிந்து கொண்டே போகின்றது. இந்த அறிவியல் உலகில்,

'கணந்தோறும் வியப்புக்கள் புதிய தோன்றும்;
கணந்தோறும் வெவ்வேறு கனவு தோன்றும்;
கணந்தோறும் நவநவமாம் களிப்புத் தோன்றும்;
கருதிடவும் சொல்லிடவும் எளிதோ?''*

என்று கவிஞன் வாக்கில் நாமும் பேசலாம்.

இந்தப் புதிய உலகில் புதிய "பொறியமைப்பு மூளைகள்" மின்னணு முறையில் அமைந்த கருவிகளால் பேசித் தகவல்களைப் பரிமாறிக் கொள்ளக் கூடும். இவை அரைமணி நேரத்தில் ஐம்பது இலட்சம் விடைகளைக் கணக்கிடலும் கூடும். அந்த விடைகளை அவை சரியான இடங்களிலும் இணைக்கவும் செய்யும்.

மின்னணு முறையில் அமைக்கப்பெற்றுச் சீர்படுத்தப் பெறும் பொறியமைப்பு ஒன்றினால் மானிட மனத்தினால் கற்பனையிலும் காண முடியாத ஓர் ஒலியை அல்லது கூட்டொலியை உண்டாக்குதல் கூடும். ஓர் இசைக் கருவி கூட இல்லாமல் ஓர் இசையரங்கினையே மின்னணு முறையில்

* பாரதியார் : பாஞ்சாலி சபதம்—பாடல் 149

அமைத்தும் விடலாம். இந்த இசையரங்கின் நிகழ்ச்சியை ஒரு பிரத்தியேகமான துளையிடப்பெற்ற நாடாவில் பதிவு செய்து கொள்ளலாம். நாம் வாழும் இந்த உலகில் எந்த இசைக் கருவிகளாலும் உண்டாக்க முடியாத சுரங்களையும் (notes) சிற்றிசை பேரிசைத் தொகுதிகளையும் நாம் கேட்க லாம்.

மின்னணு முறையிலமைந்த யாதொரு பொறியமைப் புப் பகுதிகளும் இல்லாத ஒரு புதிய வகைக் குளிர் முறைப் பாதுகாப்புப் பெட்டியினைக் (refrigerator) கொண்டு பனிக்கட்டி யினைத் தயாரிக்கலாம். மின்னணு முறையால் பூசப்பெற்ற பூச்சினைக் கொண்ட கண்ணாடித் தட்டு தன்னூடே நேராகச் செல்லும் எந்த ஒளியையும் பெருக்குகின்றது. நாம் நம் கைக் கெடிகாரம் அளவுள்ள வானொலிப் பெட்டியை வாங்கி அதனைக் கைக்கடிகாரம் போலவே கட்டிக்கொண்டு வானொலி நிகழ்ச்சிகளை நுகரலாம்.

இன்று இராக்கெட்டுகளின் துணையால் மின்னணு முறையிலமைந்த பல்வேறு வகைக் கருவித் தொகுதிகள் விண்வெளிக்கு (space) அனுப்பப்பெறுகின்றன. இக் கருவிகள் பிரத்தியேகமான முறையிலமைக்கப்பெற்ற நிலை யங்களில் காத்துக் கொண்டிருக்கும் அறிவியலறிஞர்கட்குச் சதா தகவல்களை அனுப்பியவண்ணம் உள்ளன. இவ்வாறு ஓர் ஊர்தியினின்றும் வானொலி அலைகளைக் கொண்டு செய்தி களைப் பதிவித்துப் பூமிக்கு அனுப்பப் பெறுவதை மின்னணுப் பதிவு முறை (telemetering) என்று வழங்குவர். இதில் மின் னணுவியல் விண்வெளியில் முன்னதாகச் செல்லும் சாரணர் படைபோல் செயற்படுகின்றது.

இன்று நாம் கிளர்ச்சியூட்டும் உலகில் வாழ்ந்து வரு கின்றோம். பல வியப்பூட்டும் புத்தமைப்புக்கள் கண்டறியப்

பெற்று விட்டன; சில வெற்றியடையும் நிலையில் உள்ளன; மேலும் சில வருங்கால அறிவியலறிஞர்களின் புது முயற்சிகளுக்கு அடிப் படைகளாக அமைந்து வருகின்றன. இவ்வாறு விரியும் அறிவியல் உலகில் துருவி ஆராய்வதற்குப் பல்வேறு வழிகள் அமைந்து கிடக்கின்றன; அமைந்தும் வருகின்றன. அவை வருங்கால அறிவியலறிஞர்களை எங்கு அழைத்துச் செல்லும் என்று இப்பொழுது நாம் திட்டமாக ஒன்றையும் சொல்ல முடியாது. இந்தப் புதிய வழிகளில் துருவி ஆராயப் போகின்றவர் யார் என்பதையும் முன்கூட்டியே சொல்ல முடியாது. அங்ஙனம் ஆராயப் போகின்றவர் இதனைப் படிக்கும் நீங்களாகவே இருக்கலாமல்லவா? அப்படி இல்லை என்று யார் சொல்லமுடியும்?

பின்னிணைப்பு—I

கலைச்சொல் விளக்கம்

அகச் சிவப்புக் கதிர்கள் (Infra-red rays): சாதாரணமாக நம் கண்காணும் ஒளியின் அலை நீளத்தைவிடச் சற்று அதிகமான அலை நீளங்களைக்கொண்ட மின் காந்தக் கதிர்வீச்சுகள்.

அணு (Atom): வேதியல் அமைப்பிலுள்ள அலகு; தனியாக நிலைத்து நிற்கக்கூடிய வேதியல் தனிமத்தின் மிகச்சிறிய துகள். சூரிய மண்டலம் போன்ற அமைப்பு இது.

அணு-எண் (Atomic number): ஒரு பொருளின் அணுவி லுள்ள மின்னணுக்களின் (electron) எண்ணிக்கையே இது.

அணு-எடை (Atomic weight): இதை 'அணு நிறை' என்றும் கூறுவர். ஒரு தனிமத்தின் அணுவிற்கும் ஒரு திட்டத் தனிமத் தின் அணுவிற்கும் உள்ள ஒப்புநிறையே இது.

அணுத்திரள் (Molecule): தனித்து நிலைத்து நிற்கக்கூடிய வேதியற் கூட்டுப் பொருளின் மிகச்சிறிய துகள். அது பல்வேறு எண்ணிக்கைகளில் பல்வேறு தனிமங்களின் பல்வேறு வித அணுக்களைக் கொண்டிருக்கும்.

அணுவாற்றல் (Atomic energy): ஓர் அணு உடையும்பொழுது அதன் உட்கருவிலிருந்து வெளிவிடப்பெறும் ஆற்றல்.

அதிர்வு (Oscillation): மிக உயர்ந்த அதிர்வு-எண்ணை யுடைய பொருளின் அசைவு.

அதிர்வுக்குழல் (Oscillator tube): அதிர்வு மின்னோட்டத்தை உண்டாக்கும் மின்னணுக்குழல்.

அயனி (Ion): ஒரு வாயு அணுவினின்றும் ஒன்று அல்லது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட மின்னணுக்கள் தகர்த்தெறியப்பெற்று அது நேர் மின்னூட்டத்தைக் கொண்டிருப்பது; அல்லது கணக்கிற்கு மேற்பட்ட மின்னணுக்களைக்கொண்டு எதிர் மின் னூட்டத்துடன் இருக்கும் அணு.

அலை (Wave): இயக்கநிலையிலுள்ள ஆற்றலின் ஓர் ஒற்றை அசைவே இது.

அலை நீளம் (Wave length): இரண்டு அலைகட்கிடையே உள்ள தூரம். ஓர் அலையின் முகட்டிற்கும் மற்றோர் அலையின் முகட்டிற்கும் உள்ள இடைத்தூரத்தை அளந்து இது கணக்கிடப் பெறும்.

இருநிலை மின்னோட்டம் (Alternating current): முதலில் ஒரு திசையிலும் பிறகு மறுதிசையிலுமாகத் தொடர்ந்து இவ்வாறு ஓர் ஒழுங்கான சைக்கிள்களில் செல்லும் மின்னோட்டம்.

இலக்கு (Target): நேர் - மின்வாயில் பிரத்தியேகமான ஓர் இடம். இதில் மின்னணுக்கற்றைத் தாக்குவதாகக் கருதப்பெறும்.

உட்கரு (Nucleus): இதனைக் 'கரு' என்றும் வழங்குவர். எல்லா அணுக்களின் நடுவிலிருக்கும் அடர்ந்த உள்ளகமாகும் இது. இது நேர் மின்னூட்டத்தைக் கொண்டது.

உட்கருவாற்றல் (Nuclear energy): ஓர் அணு சிதையும் பொழுது அதன் உட்கருவினின்று வெளிவிடப்பெறும் ஆற்றல்.

எதிர்-மின்வாய் (Cathode); மின்னணுக்குழலின் இப்பகுதியில் மின்னணுக்கள் விடுதலை செய்யப்பெறும்.

ஒருநிலை மின்னோட்டம் (Direct current): ஒரு திசையிலேயே ஓடும் மின்னோட்டமாகும் இது.

ஒளிக்குழல் (Photo tube): இஃது ஒருவகை மின்னணுக்குழல். இதில் ஒளி, மின்சாரமாக மாற்றப்பெறுகின்றது.

ஒளிரும் விளக்கு (Fluorescent light): இது ஒருவகைக் குழல் விளக்கு. இது வேறொரு மூலத்திலிருந்து கதிர்வீச்சுக்களை உறிஞ்சுவதுடன், தானும் கதிர்வீச்சுகளைக் கொடுத்துக்கொண் டிருக்கும்

ஓரிடத்தான் (Isotope): ஒரே வேதியல் தனிமத்தின் பல்வேறு அணுவகைகள். சாதாரணமான இத்தனிமத்தின் உட்கருவி லிருப்பதைவிட இவ்வகை அணுக்களின் உட்கருக்களிலுள்ள நடுநிலை மின்னணுக்களின் எண்ணிக்கை கூடுதலாகவோ குறை

ளாகவோ இருக்கும். இவற்றின் வேதியற் பண்புகள் ஒத்திருப்பினும் அணு-எடைகள் மாறுபடும்.

கடத்தி (Conductor) : மின்னோட்டம் செல்வதற்குரிய சாதனம்.

கதிரியக்க ஓரிடத்தான் (Radioactive isotope) : இது நிலையற்ற ஓரிடத்தான். இது சிதைந்தழிந்து கதிர்விட்டுக்கொண்டேயிருக்கும்.

கம்பி இழை (Filament) : ஒரு மின்னணுக் குழலிலுள்ள மெல்லிய கம்பியாலான எதிர் - மின்வாய் அமைப்பு. இது நேராகச் சூடாக்கப்பெறும். சில சமயம் இது வேருேர் எதிர் மின்வாயைச் சூடாக்கவும் பயன்படுத்தப்பெறும்.

கம்பி வலை (Grid) : மின்னணுக் குழலின் ஒரு பகுதி. இது நேர் - மின்வாய்க்கும் எதிர் - மின்வாய்க்கும் இடையே செல்லும் மின்னணு அருவியைக் கட்டுப்படுத்தும் ஓர் அமைப்பாகும்.

காமா-கதிர்கள் (Gamma rays) : நாம் அறிந்த கதிர்களில் மிகக் குறைந்த அலை நீளங்களைக்கொண்டவை. மிக உயர்ந்த மின்னழுத்தமுள்ள புதிர்க்கதிர்களும், . ரேடியம் வெளிவிடும் குறுகிய கதிர்களும் காமா-கதிர்களாகும்.

கைகர் எண்கருவி (Geiger counter) : இஃது ஒருவகை வாயு நிரம்பிய குழலாகும். இது கதிர்வீச்சினைத் துப்பறிந்து காணும் தன்மையைக் கொண்டது.

கோடிகள் (Terminals) : மின்னணுக் குழல்களிலுள்ள கவை முட்கள். இவை குழல்களை மின்சுற்றுக்களுடன் இணைக்கும்.

சைகிள் (Cycle) : மின் காந்த அலையின் ஒரு முற்றுப்பெற்ற அதிர்வு இது.

தடை (Resistance) : ஒரு கடத்தியிலுள்ள அணுக்கள், தனி மின்னணுக்கள் அக்கடத்தியின் வழியாகப் பாய்ந்து செல்வதைத் தடுத்துப் போராட்டம் செய்வது.

தட்டு (Plate) : ஒரு மின்னணுக் குழலில் நேர் மின்னூட்டம் பெற்ற மின்வாய். மின்னணுக்கள் இதனுல் கவரப்பெறும்.

தனிமங்கள் (Elements): சடப்பொருளின் மிகத் தனிநிலையிலுள்ள பொருள்கள். இவை ஒன்றும் பலவுமாகச் சேர்ந்து எல்லாவிதச் சடப்பொருள்களும் உண்டாகின்றன.

துருவிப்பார்த்தல் (Scanning): உணர்வுள்ள ஓர் இடப்பரப்பு முழுவதையும் ஒருவித ஒழுங்கில் ஒவ்வொரு புள்ளியாகப் பார்த்துக்கொண்டு போதல்.

நடுநிலை மின்னணு (Neutron): நேர் மின்னூட்டமோ எதிர் மின்னூட்டமோ இல்லாத உட்கருவின் ஒரு பகுதியாகும் இது.

நேர் - மின்வாய் (Anode): ஒரு வெற்றிடக்குழலிலுள்ள நேர் மின்னூட்டமுள்ள தட்டு. இது மின்னணுக்களைக் கவரும்.

பாஸ்வரப்பிரகாசிகள் (Phosphors): ஒளிரும் தன்மையுள்ள ஒரு வகைத் துகள்கள்.

புதிர்க்கதிர்கள் (X-rays): மிகச் சிறிய, ஊடுருவிச் செல்லக் கூடிய செயற்கை முறையாலான கதிர்கள்.

புற ஊதாக் கதிர் (Ultra violet ray): இந்தக் கதிர்வீச்சின் அலைநீளம் சாதாரண ஒளியின் அலைநீளத்தைவிடச் சற்றுக் குறைவாக இருக்கும்.

பெருக்கு (Amplify): ஒரு மின்னோட்டத்தின் கோலத்தை மாற்றாமல் அதன் வன்மையை மட்டிலும் அதிகரிக்கச் செய்தல்.

மாறிக்கோள் (Fluctuate): அலைபோல் அசைந்து சென்றும், வேறுபட்டும் மாறுபடுவது.

மின் அழுத்தம் (Voltage): மின்னோட்டத்தைப் பாயச் செய்ய வல்ல அழுத்தம் இது.

மின் சுற்று (Electric circuit): ஒரு மின்னோட்டம் செல்லும் முற்றுப்பெற்ற வழி.

மின்தங்கி (Condenser): மின்னூட்டங்களைச் சேமித்துவைக்க வல்ல ஒருவகைச் சாதனம்.

மின்னணு (Electron): எதிர்மின்னூட்டமுள்ள ஒருவகை மிகச் சிறிய துகள்.

மின்னணுக் குழல் (Electron tube) : மின்னணுக்களைச் செயற்படச் செய்யவல்ல ஒருவகைக் குழல்.

மின்னணுத் துப்பாக்கி (Electron gun) : மூடப்பெற்றுள்ள எதிர்மின்வாய். இதிலிருந்து மின்னணுக்கள் ஓர் அருவியாகச் "சுடப்பெறு"கின்றன,

மின்னணுப் பதிவு முறை (Telemetering) : விண்வெளியில் அனுப்பப்பெறும் செயற்கைச் சந்திரனில் அமைக்கப்பெறும் கருவியமைப்பு வானொலி அலைகளைப் பயன்படுத்தித் தான் தகவல்களைப் பதிவு செய்து பூமியிலுள்ளோருக்கு அனுப்பும் முறை இது.

மின்னணுவியல் (Electronics) : மின்னணுவைச் செயற்படச் செய்யும் அறிவியல் துறை.

வெற்றிடம் (Vacuum) : கிட்டத்தட்ட முற்றிலும் காற்றே இல்லாது அகற்றப்பெற்ற இடம்.

வெற்றிடக்குழல் (Vacuum tube) : மின்னணுவியல், வானொலி, தொலைக்காட்சி முதலிய சாதனங்களில் பயன்படும் ஒருவகை மின்னணுக்குழல்.

பின்னிணைப்பு—2

பொருட்குறிப்பு அகராதி

[எண் : பக்க எண்]

அகச்சிவப்புக் கதிர்கள் 62, 69, 84, 108, 109
அண்மை 62, 64
சேய்மை 62, 63
அஞ்சல் நிலையம் 74
அணு 3
அணுக்கள் 1
அணுகுண்டு 99
அணுத்திரளைகள் 6, 88
"அணு பீரங்கி" 105
அணுவாற்றல் 8
'அணுவின் கதை' 8
அதிர்வுக் குழல்கள் 49
அயனிகள் 32
அலாவுதீன் 113
அறிவியல் புள்ளி விவரங்கள் 112
அறுவை மருத்துவம் 83
இந்திரப் பிரஸ்தம் 73
இராக்கெட்டு 112
இலக்கு 80
இலையின் நரம்பு 89
உட்கரு 2
உட்கரு வாற்றல் 8
உயிரிய அணு 6
உயிருள்ள இழையம் 79
உராய்வு 17
உருவநேர்படி ஒளிபரப்பு 54
ஊடுருவிப் படம் எடுத்தல் 82
ஊர்க்காவலன் 29
எதிர்-மின் வாய் 20, 60
எதிர்-மின்னணு 1
ஒத்தடம் 84
ஒளிக்குழல் 31
ஒளிக்குழல்கள் 67
ஒளி-நிழல்-படம் 87
ஒளித் திருப்பம் 63, 88
ஒளித் துகள்கள் 68
ஒளிப்படத் தட்டுகள் 79
ஒளியுணர் கொம்பு 105
ஒளிரும் குழல்விளக்குகள் 52
ஒளிரும் திரை 82, 91
ஒளிரும் படம்பார்த்தல் 82
ஒளிரும் விளக்குகள் 33
கடத்தி 10
கடலைத் துருவிப்பார்க்கும் கருவி 108
கதிரியக்கம் 96
கதிரியக்க ஓரிடத்தான் 75, 77
கம்பி இழை 17
கம்பி வலை 26, 38, 40
கம்பிவலைச் சுற்று 72
கவர் முட்கள் 38
கனரகத் தொழிற்சாலை 61
காமா-கதிர்கள் 79
குளிர்முறைப் பாதுகாப்புப் பெட்டி 114
கூட்டுப்பொருள்கள் 5
கென்னடி 51, 54
கேபிள் 14
கைகர் எண் கருவி 33, 96, 97
கோடிகள் 38
சடத்துவம் 43
சாரணப் படையினர் 100
சுவர்க்குழி 10
செலோமீட்டர் 95
சைகைச் செய்திகள் 47, 56, 105
சைகைச் செய்தி மின் அழுத்தம் 48
சோதனைப் பொருள் 87
டங்க்ஸ்டன் 17, 80
டாங்கிகள் 102
டிரான்ஸ் மிஷோமீட்டர் 95

டை 19
தட்டு 21
தனிமங்கள் 98
தனி மின்னணுக்கள் 18
தானியங்கிகள் 8
திருகுகுழல் 36
துருவம் 28
'துருவிப் பார்த்தல்' 55
தைரேட்ரேன் 59, 60, 61, 62
தொலைக் காட்சி 54, 55
தொலைநோக்கி 92
தொல்காப்பியம் 5
நடுநிலை மின்னணுக்கள் 3
நீரியம் 6
நுண்பெருக்கி 1, 6, 87
நெம்புகோல் 75
நெரு 51, 54
நேர் அணுக்கள் 12
நேர் மின்னணுக்கள் 2
நேர்-மின் வாய் 21
நொடிப் படங்கள் 57
பரிதியம் 5
பாரதியார் 113
பாரவண்டி 63
பாஸ்வரப் பிரகாசிகள் 53, 54
பிலியோட்ரான் 64
புகைவண்டிப் பொறி 64
புதிர்க்கதிர்கள் 31, 58, 65, 79, 80, 81
புதிர்க்கதிர்க் குழல் 31, 50, 80, 81
புற ஊதாக்கதிர்கள் 53, 58, 79, 83, 84
புற்றுநோய் 84
பெருக்கிக் குழல் 70
பெரும்புயல் 96
பொத்தான் 11
பொம்மை காந்தம் 28
"பொறியமைப்பு மூளைகள்" 113
மந்திர ஊற்றுக்கள் 31
மந்திர நீர் ஊற்றுக்கள் 73
மயன் 73
மின் அழுத்தம் 12
மின்சார அதிர்வுகள் 49
மின்சார என்செஃபலோகிராம் 85
மின் ஒளி 17
மின்சாரக் கண் 31, 76
மின்சார கார்டியோகிராப் 84
மின் தங்கி 94
மின்னணு 2
மின்னணுக்கள் 7, 11
மின்னணுக்கற்றை 90
மின்னணுக் குமிழ் 16
மின்னணுக் குழல் 15, 34, 42
மின்னணுப் பதிவுமுறை 114
மின்னணுக்களின் மூலம் 20, 31
மின்னணு நுண்பெருக்கி 85, 90
மின்னணுவாற்றல் 8
மின்னணுவியல் 7, 58
மின்னியல் மருத்துவம் 83
மின்னியல் ஸ்டெதாஸ்கோப் 84
மின்னோட்டம் 45
,, ஒருதிசை 45
,, இருதிசை 45
மீ ஒலிவேக அலைகள் 108
ராடார் 96, 103, 104, 106
வணிக விமானங்கள் 103
வாயுநிரம்பிய குழல் 68
வானொலி 58
வானொலி அலைகள் 64
வானொலிக் குழல் 16
வானொலிச் சைகைச் செய்தி 57
"வானொலி-போர்வீரன்" 102
விட்டமின் D 58
வெப்பம் 24
வெப்பம் ஊடுருவல் 83
வெற்றிடக் குழல் 16, 61, 67, 68
வோல்ட் 13
ஸ்ட்ரோபோட்ரான் 92, 94, 108
ஸ்ட்ரோபோஸ் கோபிக் ஒளிப்படம் 93
ஸ்ட்ரோ போஸ் கோபிக் படங்கள் 95