வளிமண்டல மின்னியல்

ஷொன்லந்து

கல்வி வெளியீட்டுத் திணைக்களம்

வளிமண்டல மின்னியல்

2—CP 6183—2,504 (6/69)

வளிமண்டல மின்னியல்

ஆக்கியோன் :

பி. எஃப். ஜே. ஷொன்லந்து, C.B.E., F.R.S.

(யோகனிஸ்பேர்க், விற்வோற்றஸ்ருண்ட் பல்கலைக்கழகத்தின் பேணுட் பிறைஸ் பூபௌதிக ஆராய்ச்சி நிலையப் பணிப்பாளர்)

கல்வி வெளியீட்டுத் திணைக்களத்திற்காக

இலங்கை அரசாங்க அச்சுத் திணைக்களத்திற்

பதிப்பிக்கப்பட்டது.

முதற் பதிப்பு : 1972

பதிப்புரிமை பெற்றது

ATMOSPHERIC ELECTRICITY

by

B. F. J. SCHONLAND

Copyright by

MESSRS. METHUEN & CO. LTD., LONDON

Translated and Published in Ceylon
by

THE EDUCATIONAL PUBLICATIONS DEPARTMENT

by arrangement with

MESSRS. METHUEN & CO. LTD., LONDON

வரையறுத்த மெத்துவன் கம்பனியின் இசைவுடன்
கல்வி வெளியீட்டுத் திணைக்களத்தால் வெளியிடப்பட்டது.

அறிமுகம்

இந்நூல், பி. எஃப். ஜே. ஷொன்லந்து அவர்களின் " Atmospheric Electricity " என்னும் முதனூலின் தமிழ் மொழிபெயர்ப்பாகும்.

பௌதிகத்தை ஒரு பாடமாக எடுக்கும் பொதுப் பட்டப் படிப்பு, சிறப்புப் பட்டப்படிப்பு மாணவர்களுக்கு இந்நூல் உகந்தது. இந்நூலானது எந்திரிகளுக்கும், குறிப்பாக மின்வலு ஊடுகடத்தல், மின்னலிலிருந்து கட்டிடங்களைப் பாதுகாத்தல் பற்றிய துறைகளில் ஆர்வங் கொண்டவர்களுக்கும் உகந்தது. தற்கால அறிவுடன் மிளிர விரும்பும் மாணவன் இந்நூல் மிகவும் நன்மை பயக்கக் காண்பான்.

திரு. கே. சுந்தரலிங்கம், B.Sc. அவர்கள் இந்நூலைத் தமிழில் மொழிபெயர்த்துள்ளார். இலங்கைப் பல்கலைக்கழகப் பௌதிகப் பேராசிரியரான திரு. ஆ. வி. மயில்வாகனம், B.Sc., M.A., Ph.D. அவர்கள் இம் மொழிபெயர்ப்பைத் திருத்தியமைத்துள்ளார்.

வ. ஆ. ஜயவர்த்தன,
ஆணையாளர்.

கல்வி வெளியீட்டுத் திணைக்களம்,
த. பெ. இல. 520,
கொழும்பு.

පෙරවදන

මේ වූකලි බී. එf්. ජේ. ෂොන්ලන්ඩ්ගේ "Atmospheric Electricity" නම් ඉංග්‍රීසි පොතේ දෙමළ පරිවර්තනය යි.

මෙය සාමාන්‍ය උපාධි විභාගයටත් විශේෂ උපාධි විභාගයටත් භෞතික විද්‍යාව විෂයයක් වශයෙන් හදරන සිසුන් උදෙසා පිළියෙළ කළ පාඨග්‍රන්ථයෙකි. එය ඉංජිනේරුවන්ට ද විශේෂයෙන් ම විද්‍යුත් ජව සම්ප්‍රේෂණයත් අකුණුවලින් ගොඩනැඟිලි ආරක්ෂා කැර ගැනීමත් පිළිබඳ ව උනන්දුවක් දක්වන අයට ද ප්‍රයෝජනවත් වෙයි. නූතන දැනුම් සම්භාරය පිළිබඳ ව අවබෝධයක් ලබා ගැනීමට කැමැති වන සාමාන්‍ය පාඨකයාට ද මේ පොත ප්‍රයෝජනවත් ය.

මෙය දෙමළට පරිවර්තන කරන ලද්දේ කේ. සුන්දර ලිංගම් (බී.එස්සී.) මහතා විසිනි. කොළඹ ලංකා විශ්ව විද්‍යාලයේ මහාචාර්ය ඒ. ඩබ්ලිව්. මයිල්වාගනම් (බී.එස්සී., එම්.ඒ., පීඑච්.ඩී.) මහතා විසින් පරිවර්තනය සංස්කරණය කරන ලදි.

ව. ආ. ජයවර්ධන,
අධ්‍යාපන ප්‍රකාශන කොමසාරිස්.

අධ්‍යාපන ප්‍රකාශන දෙපාර්තමේන්තුව,
තැ. පෙ. 520,
කොළඹ.

பொருளடக்கம்

அதிகாரம்		பக்கம்
I.	வளிமண்டல அயனுக்கம்	1
II.	வளிமண்டலத்திலே மின் புலங்களும் மின்னேட்டங்களும்	30
III.	இடிமுழக்க மேகங்களின் மின்னேற்றுதல ..	72
IV.	மின்னல் இறக்கம்..	101
V.	முகில்களில் மின்னேற்றப் பிறப்பாக்கம் ..	125
	பொதுவான மேற்கோள்கள்	142
	பாடச் சுட்டி	143
	பெயர்ச் சுட்டி	147

அதிகாரம் I

வளிமண்டல அயனுக்கம்

வளியின் மின்கடத்தாறனது முதன்முதல் 1887 ஆம் ஆண்டில், **லின்ஸ்** (Linss) என்பவரால் உறுதிப்படுத்தப்பட்டது. அன்று முதல், அது, வளிமண்டல மின்னியல் என்னும் தலைப்பின்கீழ் அடங்கும் எல்லாத் தோற்றப்பாடுகளிலும் முதன்மையான பங்கு கொண்டு வருகிறது. இக்கடத்தாறனது அயன்கள் எனப்படும் நேர் ஏற்றமும் மறை ஏற்றமுமுடைய சிறு சுமைகாவிகளாலானது என்பதை **எல்ஸ்ரர்** (Elster), **கைற்றல்** (Geitel) ஆகியோரும் **சி. ரி. ஆர். வில்சன்** என்பவரும், 1901 இல், தனித்தனியே கண்டுபிடித்த பின், அவ்வயன்களின் இயல்பும் உற்பத்தியும் பல ஆராய்ச்சிகளைத் தூண்டியுள்ளன. இவ்வாராய்ச்சிகள் இரு வெவ்வேறுன வழிகளில் நடாத்தப்பட்டுள்ளன. ஒன்றிலே, வளிமண்டல அயன்களின் எண்ணிக்கையும் இயல்பும், மற்றதிலே அவ்வயன்களை உண்டாக்கும் கதிர்ப்புக்களும் ஆராயப்பட்டுள்ளன. வளிமண்டலத்தில் அயனுக்கச் சமமாக்கல், அதாவது, அயன்கள் தோன்றும் வீதம், மறையும் வீதம் ஆகியவற்றிற்கிடையே சமநிலையை நிலைநிறுத்துதல் என்னும் விடயத்தில் இவ்விரு வழிகளும் அடங்குகின்றன. அண்மைக் காலத்தில்தான் இப்பிரச்சினைக்கான ஒரு தீர்வு தோன்றலாயிற்று.

1. வளிமண்டலத்திலுள்ள சிறிய அயன்களும் பெரிய அயன்களும். ஏதோவொரு வெளிமுதலானது ஒரு வாயு மூலக்கூறிலிருந்து ஓர் இலத்திரனை வெளியேற்றுவதற்கு வேண்டிய சக்தியை வழங்குமிடத்து, அம் மூலக்கூறு அயனுக்கப்படும்; அப்பொழுது, மூலக்கூறின் நேர்மின்னேற்றம் கொண்ட எச்சமும் வெளியேற்றப்பட்ட

இலத்திரனும், சாதாரண அமுக்கங்களில், விரைவில் ஏற்றம்பெரு மூலக்கூறு ஒன்றுடன் அல்லது பலவற்றுடன் ஒட்டி, அயன்சோடிகளை ஆக்கும். இத்தகைய அயன்கள் "பொதுவான", அல்லது "சிறிய", அல்லது "விரைவான" அயன்களென அழைக்கப்படும். வளிமண்டலத்தில் இருக்குமிடத்து அவற்றின் அசையுந்தன்மையானது ஆய்கூடத்துப் பரிசோதனைகளில் தூய உலர் வளிக்குக் கிடைக்கப்பெறும் அசையுந்தன்மையின் பருமன் வரிசையின்பால், அதாவது கிட்டத்தட்ட 1 வோ/சமீ. படித்திறனுடைய புலத்தில் 1·5 சமீ./செக். என்னும் வரிசையின்பாற் படும்.

வளியிலே தூசு, உப்பு ஆகியவற்றின் மிகச்சிறிய துணிக்கைகளும், தகன விளைவுகளும், (வளி நிரம்பாத நிலையிலுமுள்ள) மிகமிகச் சிறிய நீர்த் துளிகளும் இருக்கின்றன ; அவை ஒடுக்கற் கருக்கள் அல்லது ஏற்கன் (Aitken) கருக்கள் எனப்படும் ; அக்கருக்களால் பொதுவான அயன்கள் அடிக்கடி கைப்பற்றப் படக்கூடும் ; அப்பொழுது, தாழ்வான அசையுந்தன்மையுடைய இன்னுமோர் அயன்வகை ஆக்கப்படும் ; அவ்வயன்கள் "பெரிய ", அல்லது " மந்தமான ", அல்லது " லேன்ஜ்வான் " (Langevin) அயன்கள் எனப்படும். அவற்றின் அசையுந்தன்மை 0·008 இலிருந்து 0·0003 சமீ./செக். வரையான வீச்சில் உள்ளது. பொதுவாகக் கூறுமிடத்து, வளியிலுள்ள ஒடுக்கற் கருக்களுள் மூன்றில் ஒன்று, மின்முறையாக நடுநிலையில் இருக்கும் ; எஞ்சிய மூன்றில் இரண்டு, சிறிய அயன்களிலிருந்து கைப்பற்றிய நேர் ஏற்றங்களையும் மறை ஏற்றங்களையும் சம அளவில் காவும். பெரிய அயன்கள், சிறிய அயன்கள், ஏற்றம் பெறுக் கருக்கள் ஆகியவற்றிற்கிடையே நிகழும் இடைத்தாக்கமானது, கருதத்தக்கவளவில் முக்கியத்துவம் வாய்ந்தவை.

இவ்விரு பிரதானமான வளிமண்டல அயன் வகைகளை விட, "இடையயன்கள்" ஐக் கொண்ட கூட்டமொன்றும் உளது ; அவ்வயன்கள் தாழ் தொடர்பீரப்பதன் நிலை போன்ற சிறப்பு விண்மண்டல நிலைமைகளின்கீழ் நோக்கப் பட்டுள்ளன ; அவற்றின் அசையுந்தன்மை 0·2 இலிருந்து 0·01 சமீ./செக். வரைப்பட்டது. இவற்றுட்சில, தொழிற் சாலை முறைகளில் தோன்றும் சல்பூரிக்கமில மூலக்கூற்றுக் கொத்துக்களுடன் தொடர்புடையன என அறியக் கிடக் கின்றது.[1]

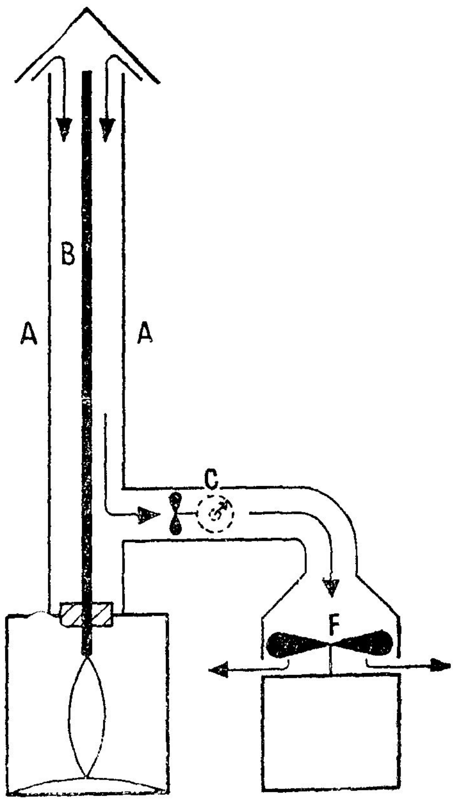
பெரிய அயன்களும் சிறிய அயன்களும் பெரும்பாலும் தனியன் மூலக ஏற்றமொன்றையே காவும் எனக் காணப் பட்டிருக்கிறது. அவ்வேற்றம், நேராகவோ மறை யாகவோ[2] இருக்கும். நிலப்பரப்புகளுக்கு மேலே, பெரும் பாலும் பத்துக்கொன்று என்ற விகிதத்தில், சிறிய அயன் களைக் காட்டிலும் பெரிய அயன்களே மிகக் கூடுதலாக இருக்கும். எனின், நிலத்துக்கு மேலே, ஒரு க. சமீ. வளியிலே ஒவ்வொரு குறிக்கும், சிறிய அயன்களின் எண்ணிக்கை n_+ வும் n_- வும் 300 முதல் 1000 வரைப் பட்ட வீச்சில் கிடக்கும்போது, பெரிய அயன்களின் எண் ணிக்கையான N_+ வும் N_- வும் க. சமீ. இல் 1000 முதல் 80,000 வரைப்பட்ட வீச்சில் கிடக்கும். கிட்டத்தட்ட எல் லாப் பெரிய அயன்களும், கருக்களால் கைப்பற்றிய சிறிய அயன்களிலிருந்தே உண்டாகின்றபடியால், தொழிற்சாலை கள் இருக்கும் வட்டாரங்களிலே தீயினுலாக்கப்படுவது போன்று அத்தகைய கருக்கள் அதிகரிக்குமிடத்து, வளி யிலே சிறிய அயன்களின் செலவில் பெரிய அயன்களின் விகிதம் கூடும்.

சமுத்திரங்களுக்கு மேலே இச்சூழ்நிலை புறமாற்றப்பட் டிருக்கிறது ; நிலப்பரப்புக்களுக்கு அப்பாலுள்ள வளி யில் கருக்கள் குறைவாகவே வழங்கப்படுகின்றபடியால், பெரிய அயன்கள் சிறுபான்மைத் தொகுதியாகிவிடும்.

கடலுக்கு மேலே n_+, n_- ஆகியவற்றின் சராசரிப் பெறுமானங்கள் முறையே க. சமீ. இல் 500 இற்கும் 700 இற்கும் இடையில் இருக்கும், ஆனால் N_+ வும் N_- வும் க. சமீ. இற்கு கிட்டத்தட்ட 200 ஆகும். ஒப்பிட்டுப்பார்க்குமிடத்து, நடுக்கடலுக்கு மேலே சிறிய அயன்கள் உணரத்தக்க அளவில் கருக்களால் கைப்பற்றப்படாது சுதந்திரமாக இருக்கின்றபோதிலும், அவ்விடங்களிலுள்ள அவ்வயன்களின் எண்ணிக்கை நிலப்பரப்புக்கு மேலேயுள்ளவற்றின் எண்ணிக்கையிலிருந்து சிறிதே வேறுபடுகின்றது என்னும் உண்மை, முதற்பார்வையில் வியப்பளிக்கிறது ; பின்னைய இடங்களிலே n_+, n_- ஆகியவற்றின் சராசரிப் பெறுமானங்களும் க. சமீ. இற்கு கிட்டத்தட்ட 600 ஆகும். இருந்தாலும், இதனை, கடலுக்கு மேலே சிறிய அயன்களின் குறைந்த மறைவு வீதமானது அவ்வயன்களின் குறைந்த தோற்றவீதத்தால் நடுநிலைப்படுத்தப்படுகிறது என்னும் உண்மையால் விளக்கலாம் (§ 12).

2. க. சமீ. இல் அயன்களின் எண்ணிக்கையைத் துணிதல். முறையே ஒரு க. சமீ. இலுள்ள சிறு நேரயன்கள் சிறு மறையயன்கள் ஆகியவற்றின் எண்ணிக்கைகளை (n_+, n_- ஆகியவற்றை)த் துணிதற்பொருட்டு, ஈபேற் (Ebert) அயன் எண்ணி எனப்படும் ஆய்கருவி வழக்கமாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இவ்வெண்ணியின் அடிப்படையில், நீண்ட, புவியோடிணைக்கப்பட்ட உலோகக்குழாய் A, இன்றியமையாத கூறாக இருக்கிறது (படம் 1). அதனது அச்சில், மின்னேற்றம் பெற்றுக் காவலிடப்பட்டதும் படிகக்கண்ணூர் மின்காட்டியொன்றுடன் தொடுக்கப்பட்டதுமான கோல் B ஏற்றப்பட்டிருக்கின்றது. கடிகாரப் பொறியாற் செலுத்தப்படும் விசிறி F இனல், குழாய் வழியாக வளி, ஐந்து நிமிடங்கள் வரை உறிஞ்சப்படுகின்றது. A யில் புகுகின்றவையும் மத்திய கோலிலுள்ள ஏற்றத்துக்கெதிரான ஏற்றத்தைக் காவுகின்றவையுமான எல்லாச் சிறிய அயன்களும்

குழாயின் அடியை அடையுமுன் B யிற்கு இழுக்கப்படும் பொருட்டு வளி அருவியின் கதி போதிய அளவில் மந்த மாயிருக்கும் வண்ணம் செப்பஞ்செய்யப்படுகிறது. அதே நேரம், போற்றத்தக்க அளவில் பெரிய அயன் கள் கோலை அடைதற் குப் போதிய நேரம் இடைக்காதவாறு பாய்ச் சற் கதி போதிய அள வில் பெரிதாயிருத்தல் வேண்டும். அளத்த லின்போது உறிஞ்சப் படும் வளியின் கனவ ளவு v ஆகும் (அது, முகப்பொன்றில் தன் சுற்றுக்களைப் பதிவு செய்யும் காற்று வேக மானி C யினுல் காட் டப்படும்). அப்பொழுது மத்திய மின்காட்டித் தொகுதியால் சேர்க்கப் படும் மின்கணியம் ven_- ஆகும் ; இங்கு, e தனி யனயன் ஒன்றுமீதுள்ள மூலகவேற்றமாகும்.



படம் 1. ஈபேற் அயன் எண்ணி.

மேலும் கோல் நேர் ஏற்றம் பெற்றிருக்கிறது எனக் கொள் ளப்படும். இனி, C (கோல், மின்காட்டி ஆகிய) முழு மத் தியத் தொகுதியின் கொள்ளளவும், V யும் V' உம் முறையே பரிசோதனைக்கு முன்னரும் பின்னரும் மின்காட் டியால் காட்டப்படும் அழுத்தங்களும் எனின்,

$$C(V - V') = ven_-,$$

இச்சமன்பாட்டிலிருந்து n_- ஐக் காணமுடியும். n_+ ஐத் துணிதற்பொருட்டு கோல் B யை மறை ஏற்றம் பெறுமாறு செய்து, பரிசோதனையை மறுபடியும் செய்தல் வேண்டும்.

இன்னும், நீண்ட குழாயொன்றையும், அதன் அகத்தே இன்னும் வலிவான புலமொன்றையும், இன்னும் மந்தமான வளி இழுப்பையும் பயன்படுத்தினால், எல்லா மந்தமான அயன்களையும் கைப்பற்றுதலுக்குப் போதிய நேரம் இடைக்கும். எனவே, மேற்படி முறையைப் பிரயோகித்து $N+n$ துணியப்படும். எனவே, இவ்விரு துணிதல்களினதும் சேர்க்கையொன்று க. சமீ. இல் ஒவ்வொரு குறியீட்டுக்குமுரிய பெரிய அயன்களின் எண்ணிக்கைகளான N_+ ஐயும் N_- ஐயும் தரும்.

n_+ இற்கும் n_- இற்கும் வழக்கமாக ஒரே பெறுமானங்கள் இருப்பதில்லை ; நிலத்துக்கும் நீருக்கும் மேலே n_+/n_- என்னும் விகிதத்தின் சராசரிப் பெறுமானம் 1·22 ஆகும். பொய்யான உயர்விகிதம் கிடைக்கக்கூடிய அளவிற்கு புவியின் மின் புலம் ஆய்கருவியைச் சில வேளைகளில் பாதிக்கக்கூடும் என § 22 இல் விளக்கப்பட்டுள்ள போதிலும், முன்யோசனையுடன் எல்லா ஏற்பாடுகளும் செய்யப்பட்டவிடத்து, நேரயன்களின் மிகையை உண்மையானது என ஏற்றுக்கொள்ளல் வேண்டுமென்று, இவ்விடயத்தைச் சிறப்பாக ஆராய்ந்த சுவான் (Swann) என்பார் முடிவு செய்துள்ளார். ஒருவேளை சிறிய மறையயனின் மிகு உயர்ந்த அசையுந்தன்மை (k) யே இம்மிகைக்கான முக்கிய காரணமாகலாம் ; k_-/k_+ என்பதன் பெறுமானம் 1·16 ஆகும் என நோலன் (Nolan) கண்டார். தாழ்வான அசையுந் தன்மையிடத்து மறையயன்களைக் காட்டிலும் நேரயன்களே தாழ்ந்த வெப்பக்கிளர்ச்சி வேகமுடையன என ஊகித்துக்கொள்ள முடிகின்றபடியால், அவை ஒடுக்கற் கருக்களால் அவ்வளவாகக் கைப்பற்றப்பட

மாட்டா. சிறிய நேர் அயன்களின் பொதுவான மிகையால் வளியில் தேறிய நேரேற்றம் இருத்தல் வேண்டும் என்ற கட்டாயமில்லே ; பெருமளவில் கூடுதலாக இருக்கும் பெரிய மறை அயன்களின் மிகையானது ஒப்பிட்டுப் பார்க்குமிடத்துச் சிறிதாயிருக்கின்றபோதிலும், அது மேற்படி தேறிய ஏற்றத்தை எளிதில் ஈடுசெய்துவிடும்.

ஒரு க. சமீ. இல், ஏறறம்பெற்ற கருக்கள் ஏற்றம் பெருக் கருக்கள் ஆகியவற்றின் மொத்த எண்ணிக்கையைக் காணும் பொருட்டு, ஏற்கன் தூசு எண்ணி எனப்படும் கருவி அடிக்கடி பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இதில், சிறு விரிவுறையொன்றுளது ; அந்த அறை சோதிக்கப்படும் வளியின் மாதிரியாலும் நிரம்பிய நீராவியாலும் நிரப்பப் பட்டிருக்கிறது. முசலமொன்றின் திடீரசைவால் சேறலில் விரிவொன்று ஆக்கப்படுகிறது ; அது காரணமாக நீர்ச் சொட்டுக்கள் கருக்கள் மீது ஒடுங்குமாறு தூண்டப்படுகின்றன ; அவ்வண்ணம் விளையும் முகிலானது சதுரக் கோடிட்ட கண்ணுடித் தட்டொன்று மீது விழுகின்றது ; இனி நுணுக்குக்காட்டியொன்றைப் பயன்படுத்தி சிறுதுளிகள் எண்ணப்படுகின்றன. இக்கருவி, தூசி எண்ணி என அழைக்கப்படுகின்ற போதிலும், அது வளியிலுள்ள பருவெட்டான தூசைப் பதிவுசெய்வதில்லே.[3]

அண்மைக்காலத்தில் திருத்தம் செய்த ஏற்கின் எண்ணியில், (Nolan[3]). மிகப் பெருமளவில் நிரம்பிய வளி மாதிரியானது உருளேப் பாத்திரமொன்றில் விரிவுறுமாறு செய்யப் படுகிறது. இப்பொழுது, முகிலின் ஒளிபுகாவியல்பானது கருக்களினது செறிவின் தொடர்பளவீடொன்றைத் தரும்.

3. முனேவுக் கடத்தாறுகளும் அயன அசையுந் தன்மைகளும். வளியின் கடத்தாறுக்கும் க. சமீ. இல் கடத்தலுக்குக் காரணமாய் இருக்கும் அயன்களின் எண்ணிக்கை, அவ்வயன்களின் அசையுந்தன்மை ஆகியவற்றிற்குமிடையே எளிய தொடர்பொன்றுளது. வளிமண்டலத்தில்

புள்ளியொன்றைக் கருதுக; அதில் மின்புலச் செறிவு F உம், தற்றடையின் நிகர்மாற்றுகிய தற்கடத்தாறு λ உம் ஆகும். அப்பொழுது, புலத்துக்குச் செங்குத்தாகக் கீறப்பட்ட அலகுப் பரப்பு வழியாகச் செல்லும் கடத்தலோட்டம் i ஆனது $F\lambda$ இற்குச் சமம்; ஏனெனில், F, எண்ணளவில் வளியிலுள்ள அலகுச் சதுரமுகியொன்றின் முனைகளுக்கிடையேயுள்ள அழுத்த வித்தியாசத்திற்கும், $1/\lambda$, அம்முனைகளுக்கிடையேயுள்ள தடைக்கும் சமன். வளியிலே, ஓமினது விதியின் பிரயோகத்திற்கேற்பச் சூழல் அமைந்திருக்கிறதென இச் சமன்பாட்டில் கொள்ளப்படுகிறது. ஓட்டம், எதிரான திசைகளில் அசையும் நேர் அயன் அருவிகளாலும் மறைஅயன் அருவிகளாலும் ஆனதாகையால்,

$$i = F(\lambda_+ + \lambda_-), \quad \ldots\ldots \quad (1.1)$$

இங்கு, λ_+ வும் λ_- வும் முனைவுக் கடத்தாறுகள் என அழைக்கப்படும்.

உண்மையில், பெரிய அயன்கள், சிறிய அயன்கள் ஆகிய இரு பிரதான வகைகள் இருப்பதால், நான்கு வேறுபட்ட அயனருவிகள் உள; இவற்றுள், புலம் நிலைக்குத்தாக இருக்குமிடத்து, இரண்டு மேலேயும் இரண்டு கீழேயும் செல்லும். இவ்வொவ்வோர் அருவியின் வேகமும் வெவ்வேருகவே இருக்கும்; அது $F \times k$ யினுல் தரப்படும்; இங்கு, k, அவ்வவற்றிற்கொத்த அசையுந்தன்மையாகும். எனவே, மொத்த ஓட்டமானது

$$i = Fe\,(n_+k_+ + n_-k_- + N_+K_+ + N_-K_-), \quad (1.2)$$

இங்கு k_+, k_-, K_+, K_- என்பவை முறையே சிறிய நேரயன்கள், சிறிய மறையயன்கள், பெரிய நேரயன்கள், பெரிய மறையயன்கள் ஆகியவற்றின் அசையுந்தன்மைகளும், e மூலக வேற்றமும் ஆகும். (1.1), (1.2) ஆகியவற்றிலிருந்து எதிர்த்திசைகளில் அசையும் அருவிகளை வெவ்வேருக்கினுல், $\lambda_+ = e\ (k_+n_+ + K_+N_+)$ எனவும் $\lambda_- = e\ (k_-n_- + K_-N_-)$, (1.3) எனவும் பெறுவோம்.

தூய நாட்டுப்புற வளியிலே, நிலப்பரப்புகளுக்கு மேலே n_+ வும் n_- வும் க. சமீ. இற்கு, கிட்டத்தட்ட 600 உம், N_+ வும், N_- வும் க. ச மீ. இற்கு, கிட்டத்தட்ட 2,000 உம் என்றவாறு இருக்கும் ; மேலும் அண்ணளவாக, k_+, k_- என்பன 1·5 ஆகவும் K_+, K_- என்பன 0·0004 ஆக வும் இருக்கும். எனவே, இங்குள்ள அடைப்புக் குறியொவ் வொன்றிலும், இரண்டாவது உறுப்பைக் குறித்து முதலா வது உறுப்பின் விகிதம் 1100 : 1 ஆதலால், வளியின் கடத்தாறு மிகப் பெருமளவில் சிறிய அயன்களாலேயே ஆனது. எனினும் பெரிய நகரங்களின் அயற்புறங்களில், n வழக்கமாகக் க. சமீ. இற்கு 100 என்னும் வரிசையின் பாற்பாடும் ; ஆனல், வளிமண்டலத்தின் தூய்மை மிகப் பெருமளவில் பாதிக்கப்பட்டிருக்கிறபடியால், N ஆனது 50,000 ஆக இருக்கலாம். அப்பொழுது இரண்டாவது உறுப்பு முதலாவதின் எழில் ஒன்றுகும் ; எனவே, வளிமண்டலத்தில், மின்னிடமாற்றுதலில், பெரிய அயன் கள் பங்குபற்றும்.*

நோலனும் நோலனும் (Nolan) மேற்படிச் சமன்பாடு (1.3) இலுள்ள n களேயும் k களேயும் வெவ்வேருக அளந்து மூனைவுக்கடத்தாறுகளேப் பெற்றுள்ளனர். இருந்தாலும் ஏற்றம் பெற்றும், காவலிடப்பட்டும், சுயாதீன வளியில் திறந்து வைக்கப்பட்டுமுள்ள பொருளொன்றை, அடையும் அயன்களால் ஆகும் ஏற்றச்செலவு வீதத்தைத் துணிவதி லிருந்து λ வை நேரடியாகக் காண்பது பெரும் வழக்கா யிற்று. அசையும் வளியில், திறந்து வைக்கப்பட்ட மறை யேற்றம் பெற்ற பொருளொன்றைக் கருதுக ; பரப் பளவு dS இன் எந்தப் பாகத்திலும் மின்னேற்றல் அடர்த்தி σ ஆகுக. நேரயன்கள் இபபொருளே நோக்கி அசையும் ; மேலும் பொருளின் பரப்பிற்குச் சற்றுப்

*அசையுந் தன்மையை அளத்தலிலே பயன்படுத்தப்படும் முறைகள், வாயுக்களில் மின்கடத்தல் பற்றிய நூல்களில் விவரிக்கப்பட்டிருக்கும்.

புறத்தே புலம் F ஆனது $4\pi\sigma$ ஆதலால், ஏற்றத்தை விரயமாக்கும் ஓட்டம்/பரப்பலகு, $F\lambda_{+}=4\pi\sigma\lambda_{+}$ விஞல் தரப்படும். திறந்த முழுப்பரப்பு அடங்கலாகத் தொகை யிட்டுப் பெற்ற முழு விரய ஓட்டமானது $4\pi\lambda_{+}\iint\sigma dS$ அல்லது $4\pi\lambda_{+}Q$ ஆகும்; இங்கு Q, வளிக்குத் திறந்து வைக்கப்பட்ட ஏற்றமாகும். இவ்வோட்டம், பொருளின் ஏற்ற நட்டவீதத்தைக் குறிக்கின்றபடியால், $-dQ/dt=4\pi\lambda_{+}Q$ எனப் பெறுகிறேம். இது λ_{+} வைத் துணிதலுக்கான முறையொன்றைத் தரும் தொடர்பாகும். இதுபோன்ற சமன்பாடொன்றில் λ_{+} விற்குப் பதிலாக λ_{-} வைப் பிரதி யிட்டால் அது நேரேற்றம் பெற்ற பொருளொன்றிற்கு ஏற்றதாயிருக்கும்.[4]

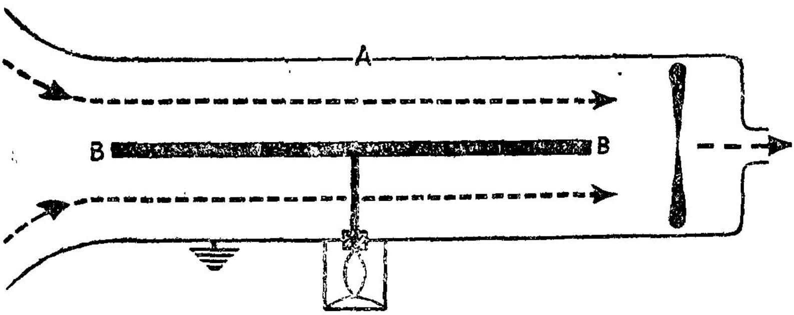
இதன் பொருட்டுப் பயன்படுத்திய ஒழுங்குமுறை யொன்று கேடியன் (Gerdien) என்பவரால் தரப்பட்டுள்ளது, படம்(2); அது ஏற்கெனவே விவரித்துக் கூறிய ஈபேற் (Ebert) ஆய்கருவி போன்றது. ஆனல், இங்கு வளியருவி யானது அத்துணை வேகமிக்கதாகச் செய்யப்பட்டும், குழாயுள்ளே புலம் பெரிதும் மெலிந்துமிருக்கிறபடியால், A வழியாகச் செல்லும் முழு அயன்களுள் ஒரு மிகச் சிறிய பகுதிக்கு மட்டுமே மையக்கோலை அடைதற்கு நேரம் கிடைக்கும். இங்கு ஒரு க. சமீ. இலுள்ள அயன்களின் எண்ணிக்கை உணரத்தக்க அளவில் பரிசோதனையால் பாதிக்கப்படுவதில்லை; எனவே ஓமின் விதியைப் பிரயோ கிக்கலாம்.

மறை மின்னேற்றம்பெற்ற மையமின்காட்டித் தொகுதி யின் அழுத்தமான V யானது dV/dt என்னும் வீதத் தில் ஏறுகிறது எனக் காணப்பட்டால், அப்பொழுது $-dQ/dt=-CdV/dt$ எனப் பெறுவோம்; இங்கு C மையத்தொகுதி, கோல், மின்காட்டி ஆகியவற்றின் முழுக் கொள்ளளவாகும். மேலும், வளியருவியிலே மையத் தொகுதியின் திறந்து வைக்கப்பட்டிருக்கும் பகுதி, கோல்

B, அக்கோலின் ஆதாரம் ஆகியவற்றின் கொள்ளளவு C' ஆயின், $Q=C'V$ ஆகும்; எனவே

$$-CdV/dt=4\pi\lambda_{+}C'V \quad . \quad . \quad . \qquad (1.4)$$

இத்தொடர்பிலிருந்து λ_{+} வைப் பெறமுடியும். இது போன்ற பரிசோதனையொன்றில், கோலை நேரேற்றம் பெறச்செய்து, λ_{-} வைக் காணலாம். எவ்வாறு முனைவுக் கடத்தாறுகளுக்குக் கிடைத்த பெறுமானங்கள் பயன்



படம் 2. கேர்டியனின் கடத்தாறு ஆய்கருவி.

படுத்தப்படுகின்றன என்பதும், கேர்டியன் முறையில் செரிங்கு என்பவரால் புகுத்தப்பட்ட மாற்றமும், அதிகாரம் II இல், § 22 இல், விவரித்துக் கூறப்பட்டிருக்கின்றன.

4. அயனுக்குங் கருவிகள். கீழ் வளிமண்டலத்தின் அயனுக்கத்திற்கு மூன்று தலைமையான கருவிகள் பொறுப்பாயுள்ளன. அவை, புவிப் பரப்பிலுள்ள கதிர்ப்புத்தொழிற் பாட்டுப் பொருட்களிலிருந்து வரும் கதிர்ப்புக்கள், அவ்வளியிலிருக்கும் கதிர்ப்புத் தொழிற்பாட்டுப் பொருட்களிலிருந்து வரும் கதிர்ப்புக்கள், அண்டக்கதிர்கள் என்பன. இவற்றின் தொடர்பு முதன்மையை ஆராயுமிடத்து “நி. வெ. அ. இலுள்ள வளியிலே செக்கனென்றிற்கு க. சமீ. இல், ஆக்கப்படும் அயன்சோடிகளின்” எண்ணிக்கையை q விளுல் அடையாளமிட்டால் அது வசதியுடைத்து.

அக்கணியமானது கதிர்ப்பின் அயனுக்கல் வலு என அழைக்கப்படும். மேற்கோள் குறிகளுள் அடங்கியிருக்கும் சொற்றொடரானது வழக்கமாக I என்னும் குறியீட்டால் எடுத்துக்காட்டப்படும். இவ்வண்ணம், $q = 4I$ என்னும் கூற்று, கருதப்படும் புள்ளியிலுள்ள ஊடகமானது நி. வெ. அ. லிருக்கும் வளி ஆயின், அங்குள்ள கதிர்ப்புகள் செக்கணிற்கு க. சமீ. இல் நான்கு அயன் சோடிகளை ஆக்கும் என்பதையே கருதுகின்றது. சற்றுமுன் கூறியுள்ள இம் மூன்று வெவ்வேறான கருவிகளால் முழு அயனுக்க வலுவுக்குத் தரப்படும் பங்களிப்புக்கள் முறையே q_e, q_a, q_h என்பவற்றால் வேறுபடுத்தி அறியப்படும்.

5. புவியிலுள்ள கதிர்ப்புத் தொழிற்பாட்டுப் பொருளாலாகும் விளைவு. உரேனியமும், தோறியமும் அவற்றின் விளைபொருட்களும் புவியின் பொருக்கில் பரவலாய்க் கிடக்கின்றன ; எனவே, அப்பொருக்கின் பரப்புப் படைகள் வளியில் α, β, γ ஆகிய கதிர்களைக் காலுகின்றன. αக் கதிர்கள் மிக மெல்லிய படையொன்றிலிருந்தே வெளியேற முடியுமாதலாலும், அவற்றால் வளியின் முதற் சில சமீ. ஐ மட்டுமே அயனுக்க முடியுமாதலாலும், அவற்றின் விளைவு உணரத்தக்க அளவில் இராது. ஒப்பிட்டுப்பார்க்குமிடத்து, β க் கதிர்கள் இன்னும் ஆழமான இடங்களிலிருந்து வரக்கூடும் ; அவை வளிமண்டலத்துள் இன்னும் கூடுதலாக ஊடுருவிச் செல்லும். இக்கதிர்களாலாகும் விளைவு (புவியின்) பரப்பில் $1I$ என்பதிலிருந்து மேற்பரப்புக்குக் கிட்டத்தட்ட 10 மீ. உயரத்தில் $0{\cdot}1I$ வரை மாறுகின்றது எனப் புவியில் கிடக்கும் கதிர்ப்புத் தொழிற் பாட்டுச் சடப்பொருளின் செறிவை அளந்து கிடைத்த சராசரிப் பெறுமானங்களிலிருந்து கணிக்கப்பட்டுள்ளது. γ க் கதிர்கள் இன்னும் முக்கியமானதொரு காரணியாகும். ஏனெனில், அக்கதிர்கள்

இன்னும் ஆழமான இடங்களிலிருந்து வெளியேற முடியும். ஆதலால், அவை இன்னும் கூடுதலான கதிர்ப்புத் தொழிற்பாட்டுத் திரவியத்திலிருந்து வரமுடியும். இக் கதிர்கள் சராசரியாகப் பரப்பில் $3I$ யும் அதற்குமேலே 150 மீ. இல் $1{\cdot}5\ I$ யும் 1 கி மீ. உயரத்தில் $0{\cdot}3\ I$ யும் என்றவாறு ஆக்குகின்றன என மதிப்பிடப்பட்டிருக்கிறது. புவியின் பொருப்பில் பொற்ருசியம் உணரத்தக்க அளவில் இருக்கிறபடியால், அதன் γ க் கதிர் உயிர்ப்பானது இன்னுமோர் அயனுக்க உற்பத்தியைத் தரும். இவ்விடயம் இன்னும் விவரமாக ஆராயப்படாமல் உள்ளபோதிலும் பொற்ருசியத்தின் பங்களிப்பானது, உரேனியம், இரேடியம், தோரியம் ஆகிய சேர்ந்த குடும்பங்களின் மொத்தப் பங்களிப்பை விஞ்சலாம் என அளவீடுகள் சுட்டுகின்றன. நிலப்பரப்பிற்கு அண்மித்தாய்ப் புவிக்கதிர்ப்புகளினது அயனுக்கல் வலுவின் சராசரிப் பெறுமானம், $2\ I$ இற்கும் $10\ I$ இற்குமிடையே கிடக்கின்றது என நேரடியாகக் காணப்பட்டிருக்கிறது. இது, புவியின் பொருப்பிலுள்ள கதிர்ப்புத் தொழிற்பாட்டு உள்ளுறையின் அளவீடுகளுடன் ஒத்திருக்கிறது. தரப்பட்ட எந்த இடத்திலும், அங்குள்ள பரப்புச் சூழலும் புவிச்சரித நிலையும் q_e இன் பெறுமானத்தை உணரத்தக்க அளவில் பாதிப்பது இயல்பேயாம்.

மண், பாறை ஆகியவற்றின் கதிர்ப்புத் தொழிற்பாட்டு உள்ளுறையுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்குமிடத்து, கடனீரினது, மிகச் சிறிதாகக் காணப்படுகின்றது ; அத்துடன், சமுத்திரங்களுக்கு மேலே புவிக்கதிர்ப்பாலாகும் விளைவு புறக்கணிக்கவுந்தக்கது.

6. வளியிலுள்ள கதிர்ப்புத் தொழிற்பாட்டுப் பொருளாலாகும் விளைவு. வளிமண்டலமானது இரேடன், தோரன் ஆகிய கதிர்ப்புத் தொழிற்பாட்டுச் சுரப்புக்களையும் அவ்வவற்றின் அடுத்துவரும் விளைபொருட்களையும் உணரத்தக்க அளவில் தன்னகத்தே கொண்டிருக்கிறது. ஒரு சில

நூறு வோல்ற்று அழுத்தம் வரை மறையேற்றம் பெற்றதும் வளிக்குத் திறந்து வைக்கப்பட்டிருக்கின்றதுமான கம்பியொன்று, மேற்படி சுரப்புகளின் பிரிந்தழிதலின் போதுள்ள பின்னடிப்பால் இரேடியம் A, தோரியம் A ஆகியவற்றை உணரத்தக்கவளவில் சேகரிக்கின்றது. மேற்படி வாயுக்கள், புவியிலுள்ள இரேடியம், தோரியம் ஆகியவற்றின் தேய்வினுல் உற்பத்தியாகி, அங்கிருந்து பரவலாலும், வெப்ப மேற்காவுகையாலும், வெளி வளிமண்டல அமுக்கத்தில் உண்டாகும் குறைவு காரணமாகவும் வெளியேறும். இவ்வண்ணம் உண்டாக்கப்படும் அயனுக்கத்தின் பெரும்பகுதி, இச்சுரப்புகளாலும் அவற்றின் A, C விளைபொருட்களாலும் காலப்படும் α த் துணிக்கைகளாலானது; ஏனெனில், புவியிலிருந்து வரும் கதிர்ப்புக்களிடத்து உள்ளதுபோலே, இங்கு பிரிந்தழியும் அணுவுக்கும் வளிக்குமிடையே உறிஞ்சும் படையொன்று இருக்கமாட்டாது. கதிர்ப்புத் தொழிற்பாட்டு வாயுக்களும் அவற்றின் விளைபொருட்களும் வளிமண்டலக் கொந்தளிப்பால் கீழ் வளிமண்டலத்தில் கிட்டத்தட்டச் சீராகப் பரம்பியிருக்கும். வளிமண்டலத்திலுள்ள சுரப்பளவைத் துணிந்தால், கதிர்ப்புத் தொழிற்பாட்டுத் தரவுகளிலிருந்து இவ் "வளிக்கதிர்ப்பு" விளைவைக் கணிக்க முடியும். ஓர் அளக்கப்பட்ட கனவளவு வளியைத் திரவவளியால் குளிராக்கிய அல்லது தென்னங்கரி கொண்ட குழாய்கள் வழியாக இழுத்து, அவ்வளியிலுள்ள சுரப்புகளை வேறுக்க முடியும். அடுத்து, ஒடுங்கியுள்ள அல்லது உறிஞ்சப்பட்ட சுரப்பளவானது அயனுக்க மின்காட்டி ஒன்றில் உண்டாகும் விளைவால் துணியப்படும்; இங்கு பரிசோதனையின்போது திரவியத்தில் உண்டாகும் தேய்வையிட்ட திருத்தமொன்றும் செய்யப்படும். மூடிய அயனுக்கவறை ஒன்றை முதலிலே சாதாரண வளியாலும், அடுத்து மேற்படி முறையால் சுரப்புகளும் அவற்றின் விளைபொருட்களும் நீக்கப்பட்ட வளியாலும் நிரப்பி, அவ்விரு எடுத்துக்காட்டுகளிலும் நிரம்பலோட்டத்தை

அளத்தல் இன்னும் நேரடியான முறையொன்ருகும். இவ்வோட்டங்கள் முறையே i_1 உம் i_2 உம், பாத்திரத்தின் கொள்ளளவு v யும், மூலகவேற்றம் e யும் ஆயின், வளிக்–கதிர்ப்பின் அயனுக்கவலு q_a என்பதின் பெறுமானமானது $i_1 - i_2 = q_a ve$ என்னும் சமன்பாட்டால் தரப்படும்.

புவிப்பரப்பின் அயலில், வளிக்கதிர்ப்பு விளைவானது கிட்டத்தட்ட $2I$ ஆகும் என வைப்பதால் மேற்படி அளத்தற்பேறுகளும் வளியின் சராசரி சுரப்பு உள்ளுறையின் அடிப்படையில் பெற்ற மதிப்பீடுகளும் தம்முள் ஒத்திருக்கின்றன. இக்கணியத்தில் கிட்டத்தட்ட 55 சதவீதம் இரேடனுலும் அதன் விளைபொருட்களாலும் ஆகின்றது ; மீதி தோரியம் தொடரால் ஆகின்றது. இக்கணியம் இடத்துக்கிடம் மாறுவதோடு சுரப்புகளின் வெளியேறல் வீதத்தை நிருணயிக்கும் வானிலை நிலைமைகளுடனும் மாறும். பலமான மேன்முகக் காற்ருனது பரப்பிற்கு அணித்தாயும் சுரப்பு மிக்கதாயும் இருக்கும் படைகளை உயர்த்தும் ; அதனுலாகும் விளைவு ஒருபுறமிருக்க, வளியின் சுரப்பு உள்ளுறையானது உயரத்துடன் நியாயமான அளவில் விரைவாகக் குறைதல் வேண்டும். மேலும் இவ்விடயம் பற்றிய செய்திகளை நேரடியாகப் பெறுவது கடினம் ; இருந்தாலும், 5 கிமீ. உயரத்தில், வளிக்கதிர்ப்பு விளைவானது அதனது பரப்புப் பெறுமானத்தின் 2 சதவீதத்திலும் குறைவாகவே இருக்கின்றது என எமக்குக் கிடைத்துள்ள செய்திகள் சுட்டுகின்றன.

சமுத்திரங்களுக்கு மேலே வளியின் சுரபபு உள்ளுறையானது கிட்டத்தட்ட நிலப்பரப்புக்கு மேலேயுள்ள அதனது பெறுமானத்தின் 1 ச.வீ. போல் இருக்கிறபடியால், அவ்விடங்களில் புவிக்கதிர்ப்பு விளைவைப்போல் இவ்விளைவும் மிகச் சிறிதாகவே இருக்கும்.

7. அண்டக் கதிர்களாலாகும் விளைவு. வளிமண்டல அயனுக்கத்தில் புதுமையான கவர்ச்சியுடைய கதிர்ப் பொன்று மூன்றுவது எதுவாக விளங்குகிறது. அதன் உற்பத்தியும் இயல்பும் இன்னும் பெருமளவில் ஆராய்ச் சிக்குரிய விடயமாயிருக்கிறது. இக்கதிர்ப்பானது, கதிர்ப்புத் தொழிற்பாட்டுப் பொருள்களாற் பெரும்பாலும் தரப் படும் ஊடுருவுவலுமிக்கக் கதிர்களைக் காட்டிலும் உணரத் தக்க அளவில் கூடுதலான ஊடுருவு வலுவையுடையது; அது கீழ்முகமாகப் புவியின் பரப்பை நோக்கிச் செல்கின் றது; வழியில் அது ஓரளவு உறிஞ்சப்படுகிறது. நிலப் பரப்புக்கள் மேலேயும் சமுத்திரங்கள் மேலேயும், கடல்மட்டத்தில், இதன் அயனுக்கவலுவானது மூடிய வுலோகப் பாத்திரங்களில் அளக்கப்பட்டபோது, தாழ் புவிக்காந்த அகலாங்குகளிலுள்ள[6] பெறுமானம் $2{\cdot}0\ I$ யிலிருந்து காந்த மத்தியகோட்டிலுள்ள பெறுமானம் $1{\cdot}5\ I$ வரை மாறுகிறது எனக் காணப்பட்டுள்ளது; இங்கு புவிப் புலமானது, மந்தமாக அயனுக்குந் துணிக்கை கள் மத்தியகோட்டுப் பகுதியை அடையாவண்ணம் தடுக்கிறது.

மூடிய பாத்திரமொன்றிலுள்ள அயனுக்கமானது முற்றி லும் பாத்திரத்தின் சுவர்கள் தரும் கதிர்ப்புக்களாலும் புவியிலும் புறத்தேயுள்ள வளியிலும் உள்ள கதிர்ப்புத் தொழிற்பாட்டுப் பொருள்களாலும் ஆகின்றது என 1911 ஆண்டு வரை பொதுவாகக் கருதப்பட்டு வந்துள்ளது. எனவே, பாத்திரத்தைப் புவியின் பரப்பிலிருந்து உயர்த் தினல், இவ்வயனுக்கம் குறையவேண்டும் என்பது எதிர் பார்த்தற்பாலது. 1911 இல் **ஹெஸ்** (Hess) என்பவரும் 1913 இல் **கொல்ஹீஸ்ரர்** (Kolhorster) என்பவ ரும் பலூன்களில் ஏறிச் சென்று, மேலே எதிர்பார்த் ததைச் சோதித்துள்ளனர்; உயரத்துடன் அயனுக்கம் குறைதலானது உணரத்தக்கவளவில் முதலாவது கிலோ மீற்றரில் மட்டும்தான் உண்டு எனவும், அதற்கப்பால்

அதிகரிப்பு நிகழ்கின்றது எனவும் அவர்கள் நோக்கியுள்ளனர். இந்நோக்கல்களின் அடிப்படையில், மேலேயிருந்து வருகின்ற அயனுக்கும் கதிர்ப்பொன்று வளிமண்டலத்தில் பகுதி யுறிஞ்சலை அனுபவிக்கிறது என ஹெஸ் கருதுவதற்குக் காரணமாயிருந்தது.

(இக்கதிர்ப்பானது வளிமண்டலத்துக்குப் புறத்தே உற்பத்தியாகின்றது; அதற்கும், ஞாயிற்றுக்கும் உணரத்தக்க அளவில் தொடர்பில்லை என நாம் இன்று அறிந்திருக்கின்றபடியால், அது அண்டக் கதிர்ப்பு என்று அழைக்கப்படுகிறது) இந்த அண்டக் கதிர்ப்பாலாகும் அயனுக்கமானது கடல் மட்டத்திலிருந்து உயரத்துடன் விரைவாக அதிகரிக்கின்றது ; முதல் 5 கிமீ. இல் அது பத்துமடங்கு கூடுகிறது.

8. மூடிய பாத்திரமொன்றிலுள்ள அயனுக்கம். புவிக் கதிர்ப்பின் அயனுக்கல் வலுவையும் அண்டக்கதிர்களின் அயனுக்கல் வலுவையும் வெவ்வேருகத் துணிதல் ஓரளவு கடினம். புவியினது பொருப்பின் கதிர்ப்புத் தொழிற்பாட்டு உள்ளுறையை அளந்தே முந்தியதைக் கணித்தல் வேண்டும் ; ஆனல் அவ்வளத்தல், கண்டிப்பாய்த் தொல்லையாகவும் பருமபடியாகவும் இருக்கும். மேலும், அடைக்கப்பட்ட உலோக அறையிலுள்ள வளியில் ஆக்கப்படும் அயனுக்கத்தையே நாம் அளத்தல் வேண்டும், இங்கு, உலோகச் சுவர்கள் இருக்கிறபடியால் இங்குள்ள சூழல் சுயாதீன வளிச் சூழலிலிருந்தும் வேறுபடும். எனவே, சுயாதீன—வளிச் சூழலுக்கேற்பத் திருததமொனறு செய்ய வேண்டி நேரிடுகிறது. அல்லாமலும், சுவர்கள் அகத்திலும் அவற்றின் உட்பரப்பிலும் கதிர்ப்புத் தொழிற்பாட்டுப் பொருள் இருக்கின்றபடியால் வேருேர் அயனுக்க முதலும் உளது ; அதுவும் ஒரு குறைபாடாகும். இச்சுவர் விளைவானது பாத்திரத்தின் " எச்ச அயனுக்கம் " என அழைக்கப்படும். இதன் அயனுக்க வலுவானது ஒரு மாறிலி

யாகும் ; அது சுவர்கள் ஆக்கப்பட்ட பதார்த்தத்தையும் அவற்றின் உட்பரப்பின் தூய்மையையும் பொறுத்துள்ளது. இது வழக்கமாக q_0 என்னும் குறியீட்டால் எடுத்துரைக் கப்படும்.

மூடிய பாத்திரமொன்றிலுள்ள வாயுமீது தொழிற்படும் எல்லாக் கதிர்ப்புகளினதும் மொத்த அயனுக்க வலுவை q' இனலும், பிரதானமான மூன்று அயனுக்கும் முதல் களாலாகும் விளைவுகளை முறையே q'_e, q'_a, q'_h என்பவற் ருலும் அழைக்க, அப்பொழுது

$$q' = q'_e + q'_a + q'_h + q_0. \qquad .. \qquad (1.5)$$

பாத்திரமானது அடைக்கப்பட்ட அயனுக்க வகையொன் றின் வடிவமுடையது எனவும், அது நி. வெ. அ. இலுள் ளதும் கதிர்ப்புத் தொழிற்பாட்டுப் பொருள் நீக்கப்பட்டது மான வளியால் நிரப்பப்பட்டிருக்கிறது எனவும் கொள் வோம். அப்பொழுது, அயன்களால் நடுவிலுள்ள சேர்க்கும் மின்வாய்க்குக் காவப்படும் நிரம்பலோட்டமானது $i = q've$ யினல் தரப்படும் ; இங்கு, v பாத்திரத்தின் கனவள வும், e அயன் ஒன்று மீதுள்ள மூலக ஏற்றமும் ஆகும்.

சமன்பாடு (1.5) இன் வலக்கைப் பக்கத்திலுள்ள நான்கு உறுப்புக்களையும் தனித்தனியே வேருக்கும் பொருட்டுப் பல்வேறு முறைகள் கையாளப்பட்டுள்ளன. இவற்றுள் மிகு மன நிறைவளிக்கும் முறையினல் முதன் முதலிலே q_0 துணியப்படுகிறது. ஆய்கருவியானது பரந்த கடலிலுள் ளதுபோல் புறக்கணிக்கத்தக்க அளவில் கதிர்ப்புத் தொழிற் பாட்டு உள்ளுறை கொண்டுள்ள மழைப்பனி உற்பத்தி யுடைய ஏரியொன்றிற்கு எடுத்துச் செல்லப்படுகின்றது. இத்தகைய ஏரியொன்றிலே ஒரு சில அடி ஆழத்திலே ஆய்கருவி மூழ்கியிருக்குமிடத்து, புவிக்கதிர்ப்புக்களா லும் வளிக்கதிர்ப்புக்களாலும் உண்டாகும் விளைவுகள் இருக்கமாட்டா ; எனவே, சமன்பாடு (1.5) ஆனது $q' = q'_h + q_0$ என ஆகின்றது ; பாத்திரம் தொடர்ந்து

தாழ்த்தப்படும்போது, நீரின் தடிப்புடன் அண்டக்கதிர் உறிஞ்சல் அதிகரிக்கிறபடியால், q'_h குறையும்; இவ் வண்ணம், கருவியை தொடர்ந்து தாழ்த்தி, நிரம்ப லோட்டம் உணரத்தக்கவளவில் மாறாமலும் பாதிக்கப் படாமலும் உள்ள ஆழங்களை அடையமுடியும். இக்கட்டத் தில் $q'=q_0$ ஆதலால், எச்ச அயனாக்கம் துணியப்படு கின்றது. இந்நோக்கலை, எரியின் பரப்பிற்கு அணித்தாய்ப் பெற்றதுடன் சேர்த்தால், q'_h ஐக் காணலாம்.

அண்டக்கதிர், பாத்திரத்தின் சுவர் ஆகிய இரண்டாலு மாகும் விளைவுகள், கடல் மட்டத்திற்கு மேலே உயரம் ஒழிந்த மற்றைய இடச்சூழலைச் சாரா; இதனால் ஆய்கரு வியை நிலப்பரப்பிலுள்ள இன்னோர் இடத்திற்கு அதே உயரத்தில் எடுத்துச் சென்றால், அவ்விளைவுகள் மாறாதி ருக்கும். நிலச்சூழலின் கீழ், அறையிலுள்ள நிரம்பலோட் டத்தை அளந்தால் சமன்பாடு (1.5) ஆல் தரப்பட்டிருக்கின் றவாறு q' கிடைக்கும்; எனவே, நிலவிளைவு q'_e, வளி விளைவு q'_a ஆகியவற்றின் கூட்டுத்தொகையைக் காணமுடியும். நடைமுறையில், மூடிய பாத்திரமொன்றிலே, வளிக்கதிர்ப் பாலாகும் விளைவு மிகமிகச் சிறிதே; வெளியேயிருந்து வரும் α க் கதிர்களும் β க் கதிர்களும் சுவரால் தடுக்கப் படுகின்றபடியால் q'_a யானது, கதிர்ப்புத் தொழிற்பாட்டுச் சுரப்புகளின் விளைபொருட்களான B, C களினால் காலப் படும் γ க் கதிர்களின் அயனாக்க வலுவிற்குக் குறைக்கப் படும். ஒரு சில மில்லிமீற்றர் தடிப்புடைய உருக்குச் சுவ ரைக்கொண்ட பாத்திரமொன்றினிடத்து இது சுயாதீன வளிமண்டலத்தில் வளிக்கதிர்ப்பாலாகும் விளைவின் 4 சத வீதமாக மட்டுமே உள்ளது. எனவே வளியின் சுரப்பு உள்ளுறை, பாத்திரத்தினது சுவரின் இயல்பு ஆகியவற்றை அறிந்திருந்தால் அந்த அடிப்படையில் வளிக் கதிர்ப்பி னாலாகும் விளைவு q'_a யைக் கணித்தால் போதியதாகும். இனி, சமன்பாடு (1.5) இல் பிரதியிட்டு நான்காவது எது வான புவிக் கதிர்ப்பாலாகும் விளைவு q'_e துணியப்படும்.

இதுவரை மூடிய பாத்திரங்களைக்கொண்டு புவியிலுள்ள கதிர்ப்புத் தொழிற்பாட்டுப் பொருளாலாகும் விளைவு துணியப்பட்டுள்ளது ; அடுத்து, சுயாதீன வளியில் எதிர் பார்க்கக்கூடிய விளைவைத் துணிதற்பொருட்டு, அயனுக்க வறையைச் சுற்றி வெவ்வேறு தடிப்புகளுடைய திரைகளை வைத்துப் பரிசோதனைகளை நடாத்தி அவ்வண்ணம் புவிக் கதிர்ப்பு விளைவுக்குக் கிடைக்கும் பேறுகளைப் பூச்சியத் தடிப்புவரை புறச்செருகுதல் வேண்டும். இங்கு q'_h மீது திரைகளாலாகும் விளைவைக் கணக்கில் சேர்த்தல் வேண்டும்.

மூடிய பாத்திரமொன்றைப் பயன்படுத்திக் கிடைத்த நோக்கங்களிலிருந்து சுயாதீன வளியிலுள்ள அண்டக் கதிர்களின் மெய்யான அயனுக்க விளைவைப் பெறும்பொருட்டு, பயன்படுத்தப் பாத்திரத்தின் சுவர்களிலிருந்து வரும் துணைக் கதிர்ப்பாலாகும் அயனுக்கத்தையுங் கணிப்பில் சேர்த்துக்கொள்ளல் வேண்டும். சுவர்த்தடிப்பு 2·5 மிமீ. கொண்ட பித்தளை அயனுக்கவறை ஒன்றினிடத்து துணை விளைவு $0{\cdot}09I$.[6] மட்டுமே என ஹெஸ் என்பார் காட்டியுள்ளார்[6]. எனவே, மிதவெப்பமுள்ள அகலாங்குகளில், q_h இன் சுயாதீன வளிப் பெறுமானமானது $1{\cdot}90I$ யிலிருந்து அத்துணை வேறுபடாது எனக் கொள்ளலாம்.

எச்ச அயனுக்கத்தின் பெரும்பகுதி, α க் கதிர்களாலாகின்றது ; அது சுவர்களுக்கு அணித்தாக நிகழ்கின்றது. எனவே, சுவர்களுக்கு அணித்தாயுள்ள எச்ச அயனுக்கத்தாலாகும் விளைவைப் பாத்திரத்தின் கனவளவால் பிரிக்க q_0 கிடைக்கும்.

9. வெவ்வேறு முதல்களின் அயனுக்க வலுக்களின் பொழிப்பு. பக்கம் 22 இலுள்ள அட்டவணையில், கடல் மட்டத்தில், ஒரு சில மில்லிமீற்றர் தடிப்புடைய, மூடிய உருக்குப் பாத்திரங்களிலும் சுயாதீன வளிமண்டலத்திலும் வளியின் அயனுக்கத்திலே முதன்மையான மூன்று

ஏதுக்களாலாகும் பருமட்டான விளைவுகள் பற்றிய கருத்துத் தரப்பட்டுள்ளது. இங்கு தரப்பட்டிருக்கும் பெறுமானங் கள் புவிப்பரப்பிலிருந்து கிட்டத்தட்ட ஒரு மீற்றர் உயரத் துக்குரியவை ; இவை சராசரிப் பெறுமானங்களேயாம். இவை இடச் சூழலுக்கேற்ப உணரத்தக்க அளவில் ஏற்ற விறக்கங்களைக் காட்டும் ; ஆனால் அண்டக் கதிர்ப்பினிடத்து அவ்வாறன்று.

நிலப்பரப்புகளுக்கு மேலேயுள்ள அயன் ஆக்கவீதமானது கிட்டத்தட்டச் சமுத்திரங்களுக்கு மேலேயுள்ளதின் நான்கு மடங்காகும் ; பின்னைய எடுத்துக்காட்டிலே, அயனுக்கம் கிட்டத்தட்ட முற்றிலும் அண்டக் கதிர்களாலாகின்றது. நிலத்துக்கு மேலே, புவிப்பரப்பிற்கு அணித்தாய், ஒப் பிட்டுப் பார்க்குமிடத்து இக்கதிர்கள் இன்னும் குறைந்த முதன்மையுடையன. ஆனால், உயரத்துடன் புவிக்கதிர்ப்புக் களினதும் வளிக்கதிர்ப்புகளினதும் விளைவு விரைவாகக் குறைகின்றபடியால், இரண்டொரு கிலோமீற்றர் உயரத் துக்கு மேலே, வளியின் கடத்தாறுக்கு அண்டக் கதிர் களே அதி முக்கியமான முதலாய் உள்ளன.

10. சிற்றயன்கள் மறையும் வீதம். காலஞ்செல்லச் செல்ல நாம் ஏற்கெனவே கருதிய முதல்களால் ஆக்கப் படும் அயன்களின் எண்ணிக்கை வரையறுத முறையில் கூடிக்கொண்டு போகமாட்டாது. கருக்கள் இல்லாததும், வடிகட்டியுள்ள தூயதுமான வளியிலுங்கூடச் சுவர்களைப் பரம்பலால் அடைதலாலும் ஒன்ருெடொன்றுடன் மீளச் சேர்வதாலும் சிற்றயன்கள் மறைகின்றன. பரம்பலாலா கும் நட்டத்தைப் புறக்கணிக்க முடியுமானால், இத்தகைய வடிகட்டிய வளியினிடத்து, $dn/dt = q - \alpha n^2$ என்னுஞ் சமன்பாடு பொருந்தும் எனப் பரிசோதனைகள் காட்டி யுள்ளன ; இங்கு, n, முன்னர் இருந்ததுபோல க. சமீ. இல் உள்ள நேர் அல்லது மறைச் சிற்றயன்களின் எண்ணிக் கையும், q வானது ஒரு செக்கனில், ஒரு க. சமீ. இல்

ஆக்கப்படும் அயன் சோடிகளின் எண்ணிக்கையும், α, சிற்றயன்களின் மீளச்சேர்தல் மாறிலி என அழைக்கப்படுவதும் ஆகும். காலக்கிரமத்தில், சமநிலையொன்று ஏற்படும்; அந்நிலையில் அயன்களின் ஆக்கமுறைகளும் அவற்றை அழிக்கும் முறைகளும் ஒன்றையொன்று சமமாக்கும். இக்கட்டத்தில், $dn/dt=0$ ஆனபடியால், சமநிலைச் சமன்பாடு $q=\alpha n^2$ என்பது பொருந்தும். இச்சமன்பாட்டைச் சுயாதீன வளியிடத்துப் பிரயோகிப்போம்; அதன் பொருட்டு, முந்திய பந்தியிலிருந்து $q=7{\cdot}4\ I$

அட்டவணை I

கடல்மட்டத்திலே, புவியின் பரப்பிற்கு 1 மீ. மேலேயுள்ள அயனாக்க வலுக்கள்

அயனாக்க முதல்	நி. வெ. அ யிலுள்ள வளியில், ஒரு செக். இல், ஒரு க. சமீ. இல் உண்டாகும் அயன் சோடிகளின் எண்ணிக்கையினால் எடுத்துக் காட்டப்படும் அயன்வலு			
	திரையிடப்படாத மூடிய பாத்திரத்தில்		சுயாதீன வளியில்	
	நிலத்துக்கு மேலே	கடலுக்கு மேலே	நிலத்துக்கு மேலே	கடலுக்கு மேலே
புவியிலுள்ள கதிர்ப்புத் தொழிற்பாட்டுப் பொருள்	3·5	0	3·5	0
வளியிலுள்ள கதிர்ப்புத் தொழிற்பாட்டுப் பொருள்	0·2	0	2·0	0
அண்டக்கதிர்ப்பு	2·0	2·0	1·9	1·9
	சுயாதீன வளிக்குரிய மொத்த அயனாக்க வலு		7·4	1·9

எனவும், ஆய்கூடத்துப் பரிசோதனைகளிலிருந்து $\alpha = 1{\cdot}6 \times 10^{-6}$ சமீ.³/செக். எனவும், எடுத்தால் $n = 2145$ எனக் காண்போம். இது உண்மையாக நோக்கப்படும் சிற்றயன்களின் எண்ணிக்கையைக் காட்டிலும் மிகக் கூடுதலானது ; பின்னையது கிட்டத்தட்ட க.சமீ. இற்கு 600 ஆகும். சிற்றயன்களைச் சிறைப்பிடித்தலிலே எற்கின் (Aitken) அல்லது ஒடுக்கற் கருக்களின் முதன்மையான பங்கைப் புறக்கணித்தலே இவ்வேறுபாட்டுக்குக் காரணமாகும்.

இப்பிரசினம், முக்கியமாக நோலன் (Nolan) என்பாராலும், அவர்காலத்து ஆராய்ச்சியாளர்களாலும் டப்ளின் மாநகரில் பல்லாண்டுகாலமாக ஆராயப்பட்டுள்ளது. அது மிகமிகச் சிக்கலானது[3] எனக் காணப்பட்டுள்ளது. சிற்றயன்கள் எதிர்க் குறியுடைய ஏற்றம்பெற்ற கருக்களாலும் ஏற்றம்பெறாக் கருக்களாலும் சிறைப்படுத்தப்படும். முந்திய முறையால் நடுநிலையாக்கலும், பிந்தியதால் பாரிய அயன்களும் உண்டாகும். இவ்விரு முறைகளும் தனித் தனியே ஆராயப்படல் வேண்டும்.

குறிகளைப் பொருட்படுத்தாவிட்டால், சிற்றயன்களிடத்து,

$$dn/dt = q - \alpha n^2 - \eta_0 n N_0 - \eta n N \quad .. \quad (1.6)$$

இங்கு N_0 உம் N உம் முறையே ஒரு க. சமீ. இல் ஏற்றம் பெறாக் கருக்களின் எண்ணிக்கையும், மறையேற்றம் பெற்ற கருக்களின் எண்ணிக்கையும் η_0, η என்பன முறையே மேற்படி இருவகைச் சிறைப்படுத்தல்களுக்குமான குணகங்களும் ஆகும். பேரயன்களிடத்து

$$dN/dt = \eta_0 n N_0 - \eta n N \quad .. \quad (1.7)$$

இங்கு, பேரயன்களின் தம்முள் மீளச் சேரலாலாகும் சிறு நட்டம் புறக்கணிக்கப்படுகிறது.

சமநிலையில் dn/dt, dN/dt ஆகிய இரண்டும் பூச்சியம் ; எனவே $\eta_0 N_0 = \eta N$

அத்துடன் $$q - \alpha n^2 - 2\eta n N = 0 \quad .. \quad (1.8)$$

η வும் α வின் அதே பருமன் வரிசையின்பாற் படும் எனப் பரிசோதனையால் தெரியவருகின்றது : மேலும், பொதுவாக $N \gg n$ ஆதலால், சமன்பாடு (1.8) ஆனது

$$q = 2\eta n N = 2\eta_0 n N_0 \tag{1.9}$$

எனச் சுருங்கும்.

ஏற்றம்பெற்ற கருக்கள் ஏற்றம்பெறாக் கருக்கள் ஆகிய வற்றின் மொத்த எண்ணிக்கை Z எனின், அப்பொழுது $Z = N_0 + 2N$; எனவே, சமன்பாடு (1.9) ஆனது

$$q = \left\{\frac{2\eta_0\eta}{2\eta_0 + \eta}\right\} Zn \tag{1.10}$$

எனச் சுருங்கும்.

இது முதன்முதலாக ஃபொன் ஷிவைட்லா (Von Schweidler) என்பாரால் தரப்பட்ட சமன்பாடு $q = \beta n$ என்பதின் வடிவமுடையது ; இங்கு, கருக்களின் செறிவான Z மாறா திருக்கும் வரைதான் β வும் மாறாதிருக்கும்.[5] இது மீளச் சேரலுக்குரிய ஏகபரிமாண விதியொன்றைக் கூறுகிறது ; அவ்விதி, வடிகட்டிய வளிக்குரிய இருபடி விதிக்கு மாறுபட்டது. அயனாக்க முதல்களின் செயலாற்றல் நீக்கப்பட்டிருந்தால், சிற்றயன்கள் $dn/dt = \beta n$ என்ற வீதத் தில் மறைதல் வேண்டும். அந்நீக்கலுக்குப்பின், எந்த நேரத்திலுமுள்ள எண்ணிக்கையானது $n = n_0 e^{-\beta t}$ யினால் தரப்படும். கதிர்ப்புத் தொழிற்பாட்டுத் தேய்வுக்கான சமன்பாட்டுடன் ஒப்பிடுமிடத்து, $\theta = 1/\beta$ என்ற கணியத் தைச் சிற்றயன்களின் **சராசரி ஆயுட்காலம்** என அழைக் கமுடியும். இப்பொழுது, சமன்பாடு (1.10) ஆனது

$$q\theta = n \quad . \quad . \quad . \tag{1.11}$$

இங்கு θ வானது வளியிலுள்ள கருக்களின் செறிவுடன் நேர்மாறாய் மாறல்வேண்டும். இவ்வெளிய தொடர்பானது அண்ணளவாக மட்டுமே உள்ளபோதிலும் அது பொது வாகப் பயன்மிக்கதொன்று.

நிலப் பரப்புகளுக்கு மேலே, வளியின் தூய்மைக்கேற்ப சராசரி ஆயுட்காலமான θ, 10 செக். இற்கும் 60 செக் இற்கும் இடையே உள்ளது எனக் காணப்பட்டுள்ளது ; இங்கு, உயர் பெறுமானங்கள் நாட்டுப்புறங்களில் பெற்ற நோக்கல்களில் தோற்றும். எலிக்கோலாந்துத் தீவில், ஹெஸ் (Hess)[7] என்பவராலும் மத்தையஸ்[8] (Mathias) என்பவராலும் நடாத்தப்பட்ட அளவீடுகளின்படி சமுத்திரங்களுக்கு மேலே θ வானது 230 செக். அளவு அத்துணை நீண்டதாக இருக்கலாம். கெஸ்சின் ஆராய்ச்சிக் கட்டுரையிலிருந்து எடுக்கப்பட்டுக் கீழே தரப்பட்டுள்ள அட்டவணையானது, காற்றின் திசை மாறுமிடத்துச் சிற்றயன்களுக்கும்

அட்டவணை II

வளிமண்டல அயனுக்க நிலைபற்றிய நோக்கல்கள் (ஹெஸ், ஹெலிக்கோலாந்து)

காற்று	ஒரு க. சமீ. இல் சிற்றயன்களின் எண்ணிக்கை (n).		ஒரு க. சமீ. இல் பேரயன்களின் எண்ணிக்கை (N).		கருக்களின் மொத்த எண்ணிக்கை	ஒரு செக். இல். சிற்றயன்களின் சராசரி ஆயுட்காலம்	
	n_+	n_-	N_+	N_-	$Z=N_0+N_++N_-$	$\theta+$	$\theta-$
தெ. மே. (நிலப்பகுதி)	220	267	1480	1510	6300	22	22
வ. வ. மே. (ஆக்ரிக்கு)	794	843	200	200	1100	115	204

பேரயன்களுக்குமிடையே, சமநிலையில், உண்டாகும் பேரளவான மாறுதலை எடுத்துக்காட்டும். ஐரோப்பிய கண்டத்திலிருந்து கருக்கள் நிறைந்துள்ள காற்று வீசும் போதே

முதலாவது நோக்கல்களின் தொடை எடுக்கப்பட்டுள்ளது. மூனைவுப் பகுதியிலிருந்து வீசும்போது இரண்டாவது தொடை எடுக்கப்பட்டுள்ளது

36 செக். இற்கும் 100 செக். இற்கும் இடையே θ வின் பெறுமானங்கள் கிடக்குமிடத்து, ஷிவைட்லரின் ஏகபரி மாணச் சமன்பாடு (1.11) வலிதானது என இவ்வாராய்ச்சி யாளர் கண்டுள்ளனர். வளி இன்னும் தூயதாக இருக்கு மிடத்து, θ வானது 100 செக். ஐ. மீறும்; அப்பொழுது இருபடி மீளச்சேரலுறுப்பான αn^2, கருதத்தக்க பருமனு டையதாயிருக்கின்றபடியால், அவ்வெளிய சமன்பாடு வலிதாயிராது.

இருந்தாலும், நகர்சார்ந்த வளியைப் பரிசோதித்த போது கருக்களின் பருமன்கள் பரந்த வீச்சொன்றில் மாற் றமுறுகின்றன எனவும், அம்மாற்றத்திற்கேற்பச் சமன்பாடு கள் (1.6), (1.7) ஆகியவற்றிலுள்ள குணகங்கள் η_0 உம் η உம் பரந்த மாற்ற வீச்சொன்றைக் காட்டுகின்றன என வும் காணப்பட்டுள்ளது.

நகர்களில் இருப்பதுபோல, வளிக்குப் புதிய கருக்கள் தொடர்ந்து வழங்கப்பட்டு வந்தால், அவை வழக்கமாகச் சிற்றயன்களுடன் இறுதிச் சமநிலைக் கட்டமொன்றை அடை யமாட்டா. இக்கட்டத்தை அடைதற்குப் 15 நிமி. பருமன் வரிசையின்பாற்படும் நேரமும், மென்மூடுபனியிலும், மூடு பனியிலும் மட்டும் காணப்படும் உறுதி நிலையும் தேவைப் படும். மேலும், கருக்களின் இயல்புகளிலும், எண்ணிக்கை யிலும் பெருமளவான மாற்றங்களை உண்டுபண்ணும் வளி மண்டலச் சூழலானது வளியின் மின்பொருள் உள்ளு றையை மாற்றி q வின் பெறுமானத்தை மாற்றுகின்றது என்ற கண்டுபிடிப்பானது விடயத்தை இன்னும் சிக்க லாக்கும் ஏதுவாகவுமுளது.

11. சிற்றயன்களின் சராசரி ஆயுட்காலத்தைத் துணியும் முறைகள். அயனுக்கவறையொன்றிலே அடைக்கப்பட்டிருக்கும் வளி மாதிரி யொன்றினிடத்துச் சிற்றயன்களின் சராசரி ஆயுட்காலம் θ வை, ஷிவைட்லர்[5] என்பவரால் பிரேரிக்கப்பட்டுள்ள இரு முறைகளால் துணியமுடியும். முதலாவது முறையில், அயனுக்குங் கதிர்ப்புக்களின் தனித்தனி அயனுக்க வலு q வும் க. சமீ. இல் சிற்றயன்களின் எண்ணிக்கை n உம் அளக்கப்பட்டுச் சமன்பாடு $q\theta = n$ இல் இடப்படும். நிரம்பலோட்டம் i யிலிருந்து $i = qev$ என்னும் தொடர்பைப் பயன்படுத்தி, q பெறப்படுகிறது ; இங்கு v, பாத்திரத்தின் கனவளவாகும். இதில் பிரயோகிக்கப்படவேண்டிய திருத்தங்கள் ஏற்கெனவே எடுத்துரைக்கப்பட்டுள்ளன (§8). சிற்றயன்களுக்கும், கருக்களுக்குமிடையே சமநிலை ஏற்படும் வண்ணம் வளியைப் போதிய நேரம் குழப்பமுறாதிருக்கவிட்டு, பின்னர், சிற்றயன்கள், சேர்க்குமின்வாயை அடைதற்பொருட்டு ஒரு சில செக்கன்களுக்கு வலிய புலமொன்றைப் பிரயோகித்து n அளக்கப்படும். இரண்டாவது முறையில், பிரயோகிக்கப்படும் அழுத்தவித்தியாசத்தின்[9] வெவ்வேறு பெறுமானங்களுக்கு அயனுக்க அறையில் பாயும் ஓட்டங்கள் அளக்கப்படும்.

12. கீழ் வளிமண்டலத்தில் அயனுக்க நடுநிலே. அயனுக்கல் அயனழித்தல் ஆகியவற்றிற்கான பல்வேறு காரணிகள் எந்தமட்டில் நீர் நிலப் பரப்புக்களுக்கு மேலேயுள்ள வளியில் உண்மையாகக் காணப்படும் அயனுக்க நிலேக்குப் பொறுப்பாயிருக்கின்றன என்பது பற்றி முடிவு செய்தல் எண்ணத்தக்க அளவில் முக்கியத்துவம் உடையது. இங்கு, குறை ஏதும் இருந்தால் புது அயனுக்க முறைகளேத் தேடவேண்டும் என்பது தெளிவு.

சிற்றயன்களின் ஆக்கல் வீதத்தை அவ்வயன்களின் மறைதல் வீதத்துடன் சரியாக ஒப்பிடுவதற்கு பாரமான

கருக்களாலாகும் சிறைப்பிடித்தல் முறையிலுள்ள மாறுந் தன்மை தடையாயிருந்த போதிலும், அயனுக்க நடு நிலைக்குப் பொறுப்பாக இருக்கும் எல்லாக் காரணிகளும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன என எமக்குக் கிடைத்துள்ள சான்றுகள் கூறுகின்றன. நிலப்பரப்புக்களின் மேலே கருக்கள் வழக்கமாகப் பெருமளவில் உள; அங்கு ஷிவைட்லரின் சமநிலைச் சமன்பாடு $q\theta = n$, அண்ணளவில் பொருந்தும். சிற்றயன்களின் சராசரி ஆயுட்காலமான θ வின் பெறுமானம் 60 செக். எனவும், சிற்றயன் செறிவு ஒரு க. சமீ. இற்கு 650 எனவும் எடுத்துக்கொண்டால், ஆக்கல் வீதம் q வானது 650/60 அதாவது, 10·8 அயன்/க. சமீ./செக். ஆக இருத்தல் வேண்டும். இது அட்டவணை I இல் காட்டியுள்ள q வின் நேரடி அளவீடுகளுடன் நியாயமான அளவில் ஒத்திருக்கின்றது. சமுத்திரங்களுக்கு மேலே, θ, இன்னும் நேரடியாக அளக்கப்படவில்லை. நடுக்கடலில், கருக்களின் செறிவு ஒரு க. சமீ. இற்கு 400 இலிருந்து 800 வரை எனவும், சிற்றயன்களின் சராசரி ஆயுட்காலம் கிட்டத்தட்ட 300 செக்.[10] ஆக இருத்தல் வேண்டும் எனவும் காணப்பட்டுள்ளன. **காணேகி** (Carnegie) என்னும் கப்பலில் n ஆனது 550 சிற்றயன்கள்/க.சமீ. அளவில் இருக்கும் எனக் காணப்பட்டபடியால், சமுத்திரங்களுக்கு மேலே அயனுக்கவலுவானது 550/300, அதாவது 1·83 I ஆக இருத்தல் வேண்டும். இது, அட்டவணை I இன் கடைசி நிரலில் q வுக்கெனத் தரப்பட்டுள்ள பெறுமானத்துடன் பொருந்தும்.

எவ்வாறு கருக்களின் பருமனும் தொகையும் அக்கருக்களுக்கும் சிற்றயன்களுக்கும் உள்ள இடைத்தாக்கத்தை நிருணயிக்கிறது என்பதுபற்றி இன்னும் கூடுதலாக ஆய்ந்தறியாதவரை, கீழ் வளிமண்டலத்திலுள்ள அயனுக்கற் பிரச்சினைக்கு முற்றிலும் தீர்வுகண்டதாகக் கூறவே முடியாது. இருந்தாலும், அயனுக்கச் சமநிலைக்குப் பொறுப்பான காரணிகளின் பொது இயல்புபற்றித் தெளி

வாக அறிந்துள்ளோம்; நடுக்கடலிலிருந்து நிலப்பரப்புக்குச் செல்லுமிடத்து, அயனுக்கவீதம் நான்கு மடங்கு கூடுகின்றபோதிலும், அதற்கு ஒப்ப வளியின் கடத்தாறு உணரத்தக்கவளவில் மிகுதியாக மாற்றமடைவதில்லை என்ற முரணுரை விளக்கம் பெற்றுள்ளது. நிலப்பரப்புக்களுக்கு மேலே ஒடுக்கக் கருக்கள் கூடுதலாகச் செறிந்திருக்கின்றபடியால், சிற்றயன்களின், பெருகியுள்ள உற்பத்தி வீதமானது அவற்றின் பெருகியுள்ள மறைவுவீதத்தால் எதிர் நிறுத்தப்படுகின்றது.

மேற்கோட்கட்டுரைகள்

[1] A. R. Hogg, *Proc. Physics. Soc.*, **51**, p. 1014 (1939).

[2] J. J. Nolan, R. K. Boylan and G. P. de Sachy, *Proc. Roy. Irish Acad.*, A, **37**, p. 1 (1925).

[3] J. J. Nolan, *Archiv. f. Met., Geophys. u. Biok.*, A, III, p. 17 (1950).

[4] C. T. R. Wilson, *Dict. of Applied. Physics, Art. Atmospheric Electricity*, Vol. 3, p. 84.

[5] E. V. Schweidler, *Wien. Sitz. Ber.*, 2a, **127** (1918), **128** (1919), **133** (1924).

[6] V. F. Hess and R. P. Vancour, *Fourn. Atm and Terr. Phys.*, **1**, p. 13 (1950).

[7] V. F. Hess, *Gerland's Beit. z. Geophysik.*, **22**, p. 256 (1929).

[8] O. Mathias, *ibid* **27**. p. 360 (1930).

[9] C. O' Brolchain, *ibid.*, **29**, p. 1 (1931).

[10] V. F. Hess and J. D. Roll, *Phys. Rev.*, **73**, p. 916 (1948).

அதிகாரம் II

வளிமண்டலத்திலே மின்புலங்களும் மின்னோட்டங்களும்

13. நேர்த்தியான காலநிலைப் புலம். நேர்த்தியான காலநிலையின்போது, புவிக்கு மேலேயுள்ள வளியானது தொடர்ந்த மின்புலமொன்றின் இருப்பிடமாகும் என முதன்முதல் லெமொணியர் (Lemonnier) என்பாரால் 1752 ஆம் ஆண்டில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. புவி மறை யேற்றத்தையும் வளியின் மேற்படைகள் நேரேற்றத்தையும் காவுகின்றன என இப்புலத்தின் திசை சுட்டுகின்றது. புவிப் பரப்பின் தட்டையான பகுதியொன்றின் அருகிலுள்ள நிலைமையை மூன்று வகையாக எடுத்துக்கூற முடியும்: (*a*) புவியானது பரப்படர்த்தி σ பரப்பலகு என்ற ஏற் றத்தைக் காவுகின்றது; (*b*) நிலத்துக்குச் சரி மேலே, $F=4\pi\sigma$ இனால் தரப்படும் வலிமையுடைய நிலைக்குத்துப் புலமொன்றுளது; அல்லது (*c*) நிலத்துக்கு அணித்தாக வுள்ள இரு கிடையான தளங்களுக்கிடையே

$$dV=V_{h+dh}-V_h=-Fdh=-4\pi\sigma dh$$

என்பதால் தரப்படும் அழுத்த வித்தியாசமொன்று உளது. இங்கு, $h+dh$ உம் h உம் முறையே தளங்களின் உயரங்களாகும்.

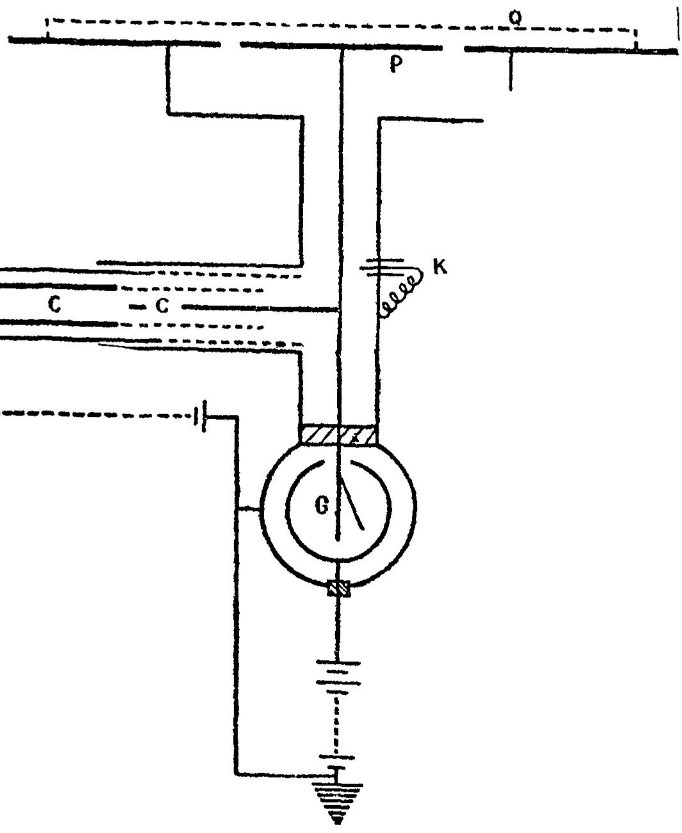
dV/dh என்னும் கணியம் அழுத்தப்படித்திறன் என அழைக்கப்படும். σ மறைப் பெறுமானத்தைக் கொண்டி ருத்தலால், dV/dh நேராகும். இதே காரணத்தால் புலம் F ஆனது கீழ்முகமாகத் திசைப்படுத்தப்பட்டிருக்கும்; வழக்குமுறைப்படி, இக்கீழ்முகமான திசையே வளிமண் டலத்திலுள்ள மின் புலங்களுக்கு நேர்த்திசை என எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது. இவ்வரைவிலக்கணங்களின்

பொருட்டு, நிலத்தில் கருதப்படும் பகுதி, தட்டையாகவும் மரங்கள், கட்டிடங்கள் போன்று ஏற்றப் பரம்பலைக் குழப்பி, விசைக்கோடுகளைச் சில புள்ளிகளில் செறிவுறுமாறு செய்யக்கூடிய பிதுக்கங்களிலிருந்து பெரும் தொலையிலும் இருக்கின்றது எனக் கொள்ளப்படும்.

நேர்த்தியான காலநிலை அழுத்தப்படித்திறனின் சராசரிப் பெறுமானம் கிட்டத்தட்ட 100 வோ./மீ. ஆகும். அதற்கு ஒத்ததாய் சராசரி ஏற்றவடர்த்தியின் பெறுமானம், $2{\cdot}7 \times 10^{-4}$ நிலைமின் அலகு/சது. சமீ. அல்லது 0·0009 கூலோம்/சது. கிமீ. ஆக இருக்கும். புவிமீதுள்ள மொத்த நேர்த்தியான காலநிலை ஏற்றமானது 500,000 கூலோமின் வரிசையின்பாற்படும். ஒன்றில் σ வை அல்லது dV/dh ஐ முதலிலே துணிந்து நேர்த்தியான காலநிலைப் புலம் அளக்கப்படும் ; அவ்வளவீடுகள் எப்பொழுதும் பிந்தியதன் தொடர்பில், வோல்ற் /மீ. என்றவாறு, எடுத்துக்காட்டப்படும்.

14. புவியினது ஏற்றத்தின் பரப்படர்த்தியை நேரடியாக அளத்தல். σ வைத் துணிதலுக்கெனத் தனியாக்கக்கூடிய நிலப்பகுதியானது எல்லைப்பாடுடையதாயிருக்கிறபடியால், அதன்மீதுள்ள ஏற்றம் மிகச் சிறிதாகவே இருக்கும். எனவே, அவ்வேற்றத்தை அளத்தற்கு உணர்வுமிக்க மின்மானியொன்று வேண்டியிருக்கின்றது. இதன் பொருட்டு எடுத்துச் செல்லத்தக்க பல நோக்கு மின்மானியானது சி. ரி. ஆர். வில்சன் (Wilson) என்பவரால் திட்டமிடப்பட்டுள்ளது ; அது படம் 3 இல் எடுத்துக் காட்டப்பட்டிருக்கிறது. சோதனைத் தட்டு எனப்படும் தட்டையான வட்டத்தட்டு P யானது காவல்வளையமொன்றுற் சூழப்பட்டு, புவிப்பரப்புடன் சரிநேர்தளமாக, ஆனால் அதிலிருந்து காவலிடப்பட்டு, ஏற்றப்பட்டிருக்கும். இத்தட்டு பொன்னிலை மின்காட்டி G யுடன் தொடுக்கப்பட்டிருக்கிறது ; மின்காட்டியின் இலையானது நேரேற்றம் பெற

றுள்ள உறையொன்றினுள்ளே அசைந்துகொண்டிருக்கும். அது, தொலைநுணுக்குக்காட்டியொன்று வழியாக நோக்கப்படும். ஈடுசெய்கருவி எனப்படும் C, மாறுமுருளை



படம் 3. எடுத்துச்செல்லக்கூடிய பலநோக்கு மின்மானி (**வில்சன்**).

யொடுக்கியொன்றுகும் ; அதன் உட்டட்டானது பொன்னிலைத் தொகுதியுடன் தொடுத்தும், அதன் வெளித்தட்டு மாறு அழுத்தம் $-V$ யில் பேணப்பட்டும் இருக்கும்.

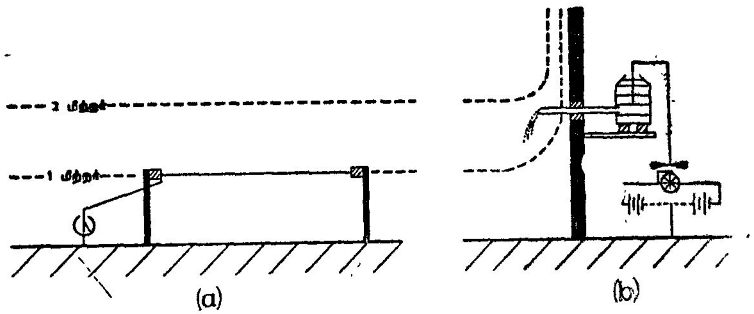
அளத்தலின்போது, தொடக்கத்தில், கருவியானது புவியின் புலத்தால் பாதிக்கப்படாத வண்ணம் காவலிடப்படும் ; அதன் பொருட்டுப் புவியோடிணைக்கப்பட்டதும் புள்ளி

யிட்ட கோடுகளால் காட்டப்பட்டிருக்கிறதுமான உலோக மூடி Q வானது கருவிக்கு மேலே வைக்கப்படும். தட்டு P யையும் பொன்னிலைத் தொகுதியையும் சாவி K யால் புவியுடன் ஒரு கணநேரம் தொடுத்து, புவி அல்லது பூச்சிய அழுத்தத்திற்கு ஒத்த இலையின் அளவீடு எடுக்கப் படும். அடுத்துப் புவித்தொடுப்புச் சாவியை அப்புறப்படுத்தி மூடியை நீக்கி, ஈடுசெய்கருவியின் கொள்ளளவு பூச்சிய மாயிருக்க, தட்டானது புலமுகமாகத் திறந்து வைக்கப் படும். இப்பொழுது தூண்டலால் P மீது மறையேற்ற மொன்று தோற்றும் ; அதே நேரம், அதற்குச் சமனான நேரேற்றமொன்று மையத்தொகுதிமீது விடுவிக்கப்படுகிற படியால், இலையானது உள்முகமாக அசையும். ஈடுசெய் கருவியின் கொள்ளளவைப் பெறுமானம் C' வரை உயர்த்தி, அதனால் மையத்தொகுதி மீது மறையேற்ற மொன்றைத் தூண்டி, இலையை அதனது பூச்சிய நிலைக் குக் கொண்டுவர முடியும். இப்பொழுது சோதனைத் தட்டுமீதுள்ள ஏற்றம் $-C'V$ யும் பரப்படர்த்தி σ வானது $-C'V/A$ யும் ஆகும் ; இங்கு A, சோதனைத் தட்டின் பரப்பளவாகும்.

அதனது தொடக்க வடிவத்தில் ஆய்கருவி மிகச் சிறி தாகவும் எடுத்துச் செல்லக்கூடியதாகவும் இருந்தது ; மேலும், படத்தில் காணப்படும் இரு மின்னடுக்குகளுக் குப் பதிலாக வெள்ளிமுலாம் பூசியதும் படிகத்தாலானது மான சிறு லேடன் சாடிகள் இருந்தன ; அச்சாடிகள் உணரத்தக்க அளவு நேரம் தத்தம் ஏற்றங்களை இழக்கா மல் வைத்திருந்தன. நில மட்டத்தில் ஏற்றப்பட்டிருக் குந் தட்டுடன் தனியளத்தல்களைச் செய்வதற்கு நோக்குந னின் பொருட்டுக் குழியொன்று தேவைப்படும். அடிக்கடி தொடர்பளத்தல்கள் செய்யப்படுகின்றன. அப்பொழுது, கரு வியானது முக்காலியொன்று மீது ஏற்றப்படும் ; இங்கு, நோக்கல்களை நியமமாக்குவதற்கு, அதே நேரத்தில் குழி யொன்றிலோ, அழுத்தப் படித்திறன் முறைப்படியோ,

எடுத்த நியம நோக்கல்களிலிருந்து திருத்தக் காரணி யொன்று பெறப்படும். புவிக்கு மேலேயுள்ள எந்தப் பிதுக்கு மீதும் விசைக்கோடுகள் செறிந்திருக்கின்றபடியால், இக் காரணியானது ஒன்றை மீறும்; 1 மீ. உயர முக்காலி யொன்றினிடத்து அது 3 அல்லது 4 ஆகும். தெரிந்த வலிமையுடைய செயற்கை மின்புலங்களிலே கருவியை வைத்து அளவுகோடிடலைச் செய்தல் பயனுடைத்து. இதன் பொருட்டு, ஒன்று சோதனைத் தட்டின் நேர்த்தளத்திலும் மற்றையது அத்தட்டுக்கு மேலேயுமாகவுள்ள இரு பெரிய தட்டையான உலோகத் தட்டுகள், சிறு கலங்களாலான அடுக்கொன்றால் அளந்த அழுத்த வித்தியாசத்துக்கு ஏற்றப்படும்.

15. அழுத்தப் படித்திறனை அளத்தல். நிலத்துக்கு மேலே, வெவ்வேறு உயரங்களிலிருக்கும் இரு காவலிடப் பட்ட கடத்திகளுக்கிடையேயுள்ள அழுத்தவேறுபாட்டை அளந்து, அழுத்தப் படித்திறன் dV/dh ஐக் காணலாம். இங்கு பலவிதமான மின்மானிகள் பயன்படுத்தப் படுகின்றன ; புவி, கடத்தியொன்றாக இருக்கலாம் ; இன்னொன்று, நிலமட்டத்திற்கு மேலே ஒரு மீற்றர் உய ரத்தில் கிடையாக ஈர்க்கப்பட்டிருக்கும் கம்பியாகும். சில வேளைகளில் வெவ்வேறு உயரங்களிலுள்ள இரு கம்பி கள் பயன்படுத்தப்படும். கம்பிகளின் ஆதாரங்களும், நோக் குநனும் அவன் கருவிகளும் அளக்கப்படவிருக்கும் புலத்தை உணரத்தக்க அளவில் மாற்றக்கூடாது என்பது அவசியம். படம் 4 (a) யிலுள்ள ஒழுங்குமுறையிலே, கம்பி யானது இரு நிலைக்குத்தான கோல்களின் முனைகளிலுள்ள அம்பர் அல்லது கந்தகக் காவலிகளுக்கிடையே ஈர்க்கப்பட் டிருக்கிறது ; அதன் நீளம், நிலத்தைக் குறித்து அதன் உயரத்தின் ஐந்து மடங்கைவிடக் கூடுதலாக இருக்க வேண்டும்.



படம் 4. *அழுத்தப் படித்திறனை அளத்தல்.*

(*a*) திறந்த புலத்திலே தனித் துணிதல்.

(*b*) கெல்வினது நீர்ச்சொட்டியைப் பயன்படுத்தித் தொடர்ந்து பதிவுசெய்தல்.

கம்பி ஏற்றப்பட்ட அந்தக் கணத்தில் அதன் அழுத்தம், அயலிலுள்ள வளியின் அழுத்தத்திலிருந்தும் வேறுபடும்; எனவே அவ்வழுத்த வேறுபாட்டை அழிக்குமுகமாக அவற்றிற்கிடையே ஓட்டம் பாயும். எனினும், வளியின் சாதாரண கடத்தாறு மிகச் சிறிதாக இருக்கிறபடியால், இம்முறையாலாகும் அழுத்தச் சமமாக்கலானது மிகு விரைவாக நிகழாது ; எனவே, மின்மானி அளவீடானது எப்பொழுதும் ஏற்றவிறக்கமுடைய புலமொன்றிலிருந்தும் பின்னிடைகின்றது. இக்காரணத்தையிட்டுக் கம்பியின் நடு வில் ஆற்றல் மிக்க ஏதேனுமோர் அயனாக்க முதலொன்றை வைத்தல் வேண்டும் ; அம்முதலானது வளியின் இடஞ் சார் கடத்தாறை உயர்த்துகின்றபடியால், சமமாக்கன் முறை விரைவாக நடைபெறும். இம்முதல் 5 சதவீத ஈய நைத் திரேற்றுக் கரைசலால் ஊட்டப்பட்டதும், ஒளிர்கின்றதுமான வடிதாளாகவோ, α க் கதிர்கள் காலும் பொலோனியம் அல்லது றேடியோத்தோரியம் படிந்த உலோகத்தட்டு அல்லது சுருளியாகவோ இருக்கலாம். “திரட்டிகள்” எனப் படும் இம்முதல்கள் ஈர்க்கப்பட்டிருக்கும் கம்பியின் நடுவி லுள்ள வளியழுத்தத்தை கம்பியும் மின்மானியும் பெறு

மாறு வாய்ப்பு உண்டாக்கும்; அந்நடுப்புள்ளியிலே மின் புலம் மிகச் சிறிய அளவில் தாங்கிகளாலும் நோக்குந ஞாலும் குழப்பப்படும். அமுத்தச் சமமாக்கலுக்குத் தேவைப் படும் நேரமானது, திரட்டியின் வகையிலும் அதன் தொழிற்பாட்டிலும் தங்கியுள்ளது. அதன் பெறுமானம் 1 இலிருந்து 60 செக். வரையான வீச்சில் கிடக்கும். அயனுக்க முதலானது அதனது விளைவை உண்டுபண்ணும் இடத்தை ஒருபோதும், சிறப்பாகக் காற்று வீசும்போது, ஐயமின்றிச் சரியாகச் சுட்டிக்காட்ட முடியாது. எனினும், வெவ்வேறு உயரங்களில் நோக்கல்களை எடுத்து இத் தொல்லையைத் தவிர்க்கலாம்.

16. அமுத்தப் படித்திறனைத் தொடர்ந்து பதிவுசெய் தல். ஏற்கெனவே விவரித்துக்கூறிய ஒழுங்கு முறையை மாற்றியமைத்தால் அது அமுத்தப் படித்திறன்களைத் தொடர்ச்சியாகப் பதிவுசெய்வதற்குப் பயன்படும்; இப் பொழுது, மின்மானி, கட்டிடமொன்றில் வைக்கப்பட்டும், சுவரிலிருந்து நீட்டியிருக்கும் காவலிட்ட கோலில் திரட்டி காவப்பட்டும் இருக்கும். புவியின் புலம், கட்டடம் அங்குள்ள மையால் பெருமளவில் திரிவுற்றிருக்கும். திறந்த புல மொன்றில் மேற்படி அளவீடுகளை ஒரேநேரத்தில் எடுத்து, நிறுவனத்துக்கான ஒடுக்கக் காரணியை அடிக்கடி பெறல் வேண்டும். படம் 4 (b) யில் சமவமுத்தப் பரப்புக்களில் கட்டடமொன்றுலாகும் திரிவின் இயல்பு காட்டப்பட்டிருக் கிறது.

கெல்வின் நீர்ச்சொட்டியானது இன்றும் சில வேளை களில், பதிவுசெய் நிலையங்களில் அமுத்தச் சமமாக்கியா கப் பயன்படுத்தப்பட்டு வருகிறது. கட்டடத்தினுள்ளே காவலிடப்பட்டிருக்கும் தொட்டியொன்றிலிருந்து நீர்த்தா ரையொன்று சுவர் ஊடாகச் செல்லுகின்றதும் அதிலிருந்து காவலிடப்பட்டிருக்கின்றதுமான குழாய் வழியாக அமுத் தம் வேண்டப்படும் புள்ளியில் நுண்ணிய சொட்டுக்

களாகச் சிதையும் (படம் 4) . தாரை தொடக்கி வைக்கப் பட்டபோது, காவலிட்ட தொகுதியின் அழுத்தமானது குழாய் முனையிலுள்ள வளியின் அழுத்தத்தைக் காட்டிலும் சற்றுக் குறைவாகவே இருக்கும் ; அம்முனை தூண்டிய மறையேற்றமொன்றையும் தொட்டி நேரேற்றமொன்றையும் காவும். சொட்டொவ்வொன்றும் மறையேற்றத்தை எடுத்துச் செல்லும் ; அதனால், தொகுதியின் அழுத்தம் சற்று உயரும். ஈற்றிலே, குழாய் முனையிலுள்ள மறையேற்றம் மறைந்துவிடும் ; அக்கட்டத்தில், தொகுதியானது சொட்டுக்கள் பிரியும் இடத்திலுள்ள வளியமுக்கத்தை அடைந்திருக்கும். நடைமுறையில், இதற்கு வேண்டிய நேரம், 30 செக். இன் வரிசையின்பாற்படும்.

கதிர்ப்புத் தொழிற்பாட்டுத் திரட்டிகளும் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. ஆனால், பயன்படுத்தப்படும் திரட்டியின் வகை எதுவாகிலும் காவலிட்ட தொகுதியானது தாழ் உணர்வு திறனுடைய கால்விட்ட மின்மானியொன்றின் ஊசியுடன் வழக்கமாகத் தொடுக்கப்படும் ; எதிர்க் கால்வட்டச் சோடிகள், நடுப்புள்ளி புவியோடிணைக்கப்பட்ட அடுக்கொன்றுடன் தொடுக்கப்பட்டிருக்கும். ஊசியுடன் பொருத்தப்பட்டிருக்கும், மையூட்டிய சுட்டியொன்றைத் தாழ்த்தும் கடிகார வகைக் கருவியொழுங்குமுறையொன்றைப் பயன்படுத்தி இடையறுவுபட்ட பதிவைச் செய்யலாம் ; (பெண்டோர்ஃபர்) அல்லது, சிறு ஆடியொன்றிலிருந்து வரும் ஒளிப் பொட்டை அசையும் புரோமைட்டுத் தாளில் வாங்கித் தொடர்ந்து பதிவு செய்யலாம்.

17. மின்பாயமானி அல்லது புல மில். படம் 3 இலுள்ள மூடி Q வை விரைவாகவும் ஆவர்த்தனமாகவும் தட்டு P இற்கு மேலே கொணர்ந்து அங்கிருந்து அப்புறப்படுத்தினால், P யில் கட்டுண்டு கிடக்கும் ஏற்றம், மாறி மாறித் தோன்றி மறையும். P யானது உயர்ந்த தடை R வழியாகப் புவியோடிணைக்கப்பட்டிருந்தால், புலத்துக்கு

விகிதசமனுன வீச்சமுடைய ஆடலழுத்த வித்தியாசமொன்று *R* இன் குறுக்கே தோற்றும். இதைப் பெருக்க முடியும்; தேவைப்படின், பயப்புக் காட்டும் மானியொன்று புலத்தின் பருமனைக் காட்டக்கூடியவாறு அதைச் சீராக்கலாம்; இங்கு துணையுபகரணமொன்று புலத்தின் குறியைச் சுட்டும். திறந்த வெளியில் ஈர்க்கப்பட்டிருக்கும் கம்பி யொன்றுடன் ஒப்பிட்டு இதைத் தரங்கணிக்க முடியும் (§ 15).

இக்கோட்பாடு முதன் முதலிலே, நோர்வே நாட்டில், றுசல் வெஃபற் (Russelvedt) என்பவரால் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது; அக்கோட்பாட்டின் விரிவான பிரயோகங்களால் விமானப் பறப்புக்களின்போதும் இடிமுழக்க மேகங்களுக்குக் கீழேயும் மின்புலங்கள் அளக்கப்பட்டுள்ளன. வேகமாக மாறும் புலங்களைப் பதிவு செய்யும் ஆற்றலுடைய அண்மைக் காலத்து ஒழுங்குமுறையொன்றிலே, *P* என்பது தனித்த உலோகப் பொத்தான்களாலாய வளையமொன்றும் *Q* என்பது அப்பொத்தான்களுக்கு ஒத்த தொளைகளைக்கொண்ட[2] சுழலும் தட்டொன்றுமாகும்.

18. நிலத்துக்கு மேலே, உயரத்துடன் அழுத்தப் படித்திறன் மாறும்விதம்: இடவேற்றம். கதிர்த் தொழிற்பாட்டு அல்லது ஒளிர்கின்ற இழை வகையைச் சேர்ந்த நிரட்டிகள் பொருத்தப்பட்ட பலூன்களைக்கொண்டு அழுத்தப் படித்திறனுனது பன்முறை நோக்கப்பட்டிருக்கிறது. இவ்வெல்லா நோக்கல்களிலும் புலமானது நிலத்துக்கு மேலே, உயரத்துடன் விரைவாகக் குறைகின்றது எனக் காணப்பட்டுள்ளது (அட்டவணை III, பந்தி 25). இவ்வளத்தல்களில் பெருமளவான திருத்தத்தை எதிர்பார்க்கலாகாது; காரணம், பலூன்மீதுள்ள சுயாதீன ஏற்றங்களாலும் தூண்டிய ஏற்றங்களாலும் புலத்தில் ஆகும் திரிவு காரணமாக எழும் வழுக்களால் அவை பாதிக்கப்படுகின்றன; அல்லாமலும் இங்கு உணரத்தக்க அளவில் மாறும் தன்மையுடைய

கணியத்தின் கணநேர நோக்கல்களே எடுக்கப்படுகின்றன. இருந்தாலும், 18 கிமீ. உயரத்தில், புலமானது அதன் நிலமட்டப் பெறுமானத்தின் 1/100 இலுங் குறைவாக இறங்கிவிடும் எனவும், அது தொடர்ந்து மந்தமாகக் குறைகின்றது எனவும் உறுதியாக நிலைநிறுத்தப்பட்டுள்ளது.

உயரத்துடன் அழுத்தப்படித்திறன் குறைதலானது புவிப் பரப்பிலுள்ள மறையேற்றத்திற்குக் கிட்டத்தட்டச் சமனான சுயாதீன நேரேற்றமொன்று வளிமண்டலத்தின் கீழே 18 கிமீ. உள்ளே உறைந்திருக்கின்றது, எனச் சுட்டுகிறது. பலூன்கள் ஏறும்போது dV/dh இற்குப் பெற்ற பெறுமானங்களின் தொகையீடானது புவிக்கும் 18 கிமீ. உயரத்திலுள்ள வளிக்குமிடையேயுள்ள மொத்த அழுத்த வித்தியாசம் கிட்டத்தட்ட 4×10^5 வோ. ஆகும் எனக் காட்டுகிறது. அவ்வுயரத்திலும் அதற்கு மேலேயும் வளியின் கடத்தாறு அத்துணைப் பெரிதாயிருக்கின்றபடியால், அப்பெறுமானம், நிலத்துக்கு மேலே கிட்டத்தட்ட 80 கிமீ. இல் இருக்கின்றதும் உயர் கடத்தாறுடையதுமான "கெனலி–ஹெவிசைட்டு படை" என்பதின் அழுத்தத்தைத் தரும் எனக் கொள்ளலாம்.

ஏற்கெனவே குறிப்பிட்ட நேர் "இடவேற்றத்தின்" அடர்த்தி ρ வைப் புவசோனின் சமன்பாட்டிலிருந்து துணியமுடியும் ; அச்சமன்பாடானது நிலைக்குத்தான விசைக்கோடுகளிடத்து

$$\frac{d}{dh}(dV/dh) = -4\pi\rho$$

என்ற வடிவத்தில் இருக்கும்.

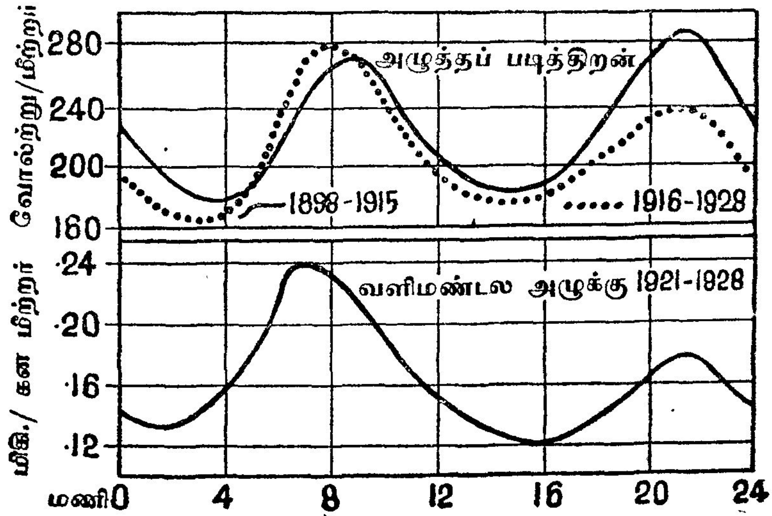
பல ஆய்வாளர்கள், வெவ்வேறு உயரங்களில் திரட்டிகளைப் பயன்படுத்தி, நிலத்தின் அயலிலுள்ள இடவேற்றத்தின் தன்மையை ஆராய்ந்துள்ளார்கள். இவ்வீச்சிலே கிடைத்த பேறுகள் ρ வின் பருமனைப்பற்றி மட்டு

மல்லாமல், இப்பிரதேசத்திற்குள் ρ வின் குறியைப் பற்றியும்கூட தம்முள்வேறுபடுகின்றன ; உண்மையிலே இது ஓரிடச் சூழலினுலானது என்பது தெளிவு.

19. இடம், நேரம், காலம் ஆகியவற்றுடன் அழுத்தப் படித்திறன் மாறும் விதம். அழுத்தப் படித்திறன் பற்றிய மிக முக்கியமான மாறல்களை எவ்வகையிலேனும் ஆராயமுன், குறுங்காலப் பிரிவுகளில் காணப்படும் ஓயாத ஏற்றவிறக்கங்கள் பற்றிக் குறிப்பிடல் வேண்டும். இவை இடவேற்றத்திலும் திரட்டியின் அயலிலுள்ள வளியின் கடத்தாறிலும் உண்டாகும் வட்டார மாற்றங்களாலேயே உண்டாகின்றன.

பல்லாண்டு காலமாக வடபாதிக் கோளத்திலுள்ள குறிப்பிட்ட நிலையங்களில் அழுத்தப் படித்திறன் தொடர்ந்து பதிவுசெய்யப்பட்டு வந்துள்ளது. தென்பாதிக் கோளத்தில் அத்துணை விரிவான செய்திகள் கிடையா ; ஆனாலும், வடதுருவ, தென்துருவப் பிரதேசங்களில் உணரத்தக்க கால அளவுகளில் நோக்கல்கள் எடுக்கப்பட்டுள்ளன. உவாசிங்ரனிலுள்ள காணேகித் தாபனத்தின் கப்பல் காணேகியானது, சமுத்திரப் பகுதிகளிலே பல மிகமுக்கியமான அளத்தல்களைச் செய்துள்ளது. நேர்த்தியான கால நிலைகளில், புவிப்பரப்பு முற்றிலும், அழுத்தப்படித்திறனின் குறி நேர் எனவும், ஆனல் நிலப் பரப்புக்களுக்கு மேலே அதன் பெறுமானம் வட்டாரச் சூழலுடன் உணரத்தக்க அளவில் மாறுகின்றது எனவும் காணப்பட்டுள்ளது. கியூவில் dV/dh இன் சராசரியானது 317 வோ./மீ. ஆகும். ஆனல், சுவிற்சலாந்திலுள்ள டேவொஸ் என்னுமிடத்தில் அது 64 வோ./மீ. மட்டுமேயாம். சமுத்திரங்களுக்கு மேலே கிடைத்த பெறுமானம் 126 வோ./மீ. ஆகும் ; அது இடத்துக்கிடம் மாறினும் சிறிதளவில் மட்டுமே மாறும். முழுப் புவிக்குமான சராசரிப் பெறுமானம், 120 வோ./மீ. இலிருந்து அவ்வளவாக வேறுபடுவதில்லை.

நிலப் பகுதிகளுக்குமேலே நோக்கப்படும் அழுத்தப் படித்திறனானது, அடிப்படையில் அத்துணை அர்த்தம் உடைய கணியமொன்றன்று எனத்தோற்றுகிறது; ஏனெனில், அதன் பெறுமானமானது முதலிடத்தில் வட்டார வளிமண்டலக் கடத்தாற்றில் தங்கியுள்ளது. **வட்டார** நேரத்திற்கேற்ற எளிய ஆவர்த்தன மாறலொன்றே எல்லா நேர்த்தியான காலநிலைப் பதிவுகளுக்கும் அடிப்படையாக இருக்கிறது என்னுஞ் செய்தி இதைத் தெளிவுபடுத்துகிறது. இழிவுப் பெறுமானங்கள் அதிகாலையில் கிட்டத்தட்ட மு. ப. 4 மணி அளவிலும் உயர்வுப்பெறுமானங்கள் சாயந்தரவேளையில், பி. ப. 6 மணிக்கும்



படம் 5. *அழுத்தப் படித்திறனுக்கும் வளிமண்டல அழுகிறகுமுள்ள* தொடர்பு (விப்பிள்).

8 மணிக்கும் இடையேயுமாக நோக்கப்படுகின்றன. பல இடங்களில் இரண்டாவது உயர்வொன்று மு. ப. 8 மணியளவிலும்; இரண்டாவது இழிவொன்று மத்தியான நேரத்திலும் காணப்படுகின்றன. நிலப்பரப்பு நிலையங்களில்

நாடோறுமுள்ள இம்மாறல்களின் வீச்சமானது சில வேளை களில் தினசரிச் சராசரிப் பெறுமானத்தின் 50 வீதத்தை அடையும்.

வட்டார நேரத்துக்குரிய மாறலானது பெரிய நகரங்களின் அயலிலுள்ள வளிமண்டலத்தில் புகையாலாகும் அழுக் கின் அளவுடனும் பரம்பலுடனும் நெருங்கிய அணைவுடை யது என விப்பிள் (Whipple)[3] என்பார் காட்டியுள் ளார். அவ்விடங்களிலேயே பெரும்பாலும் தொடர்ச்சியா கப் பதிவுகள் செய்யப்பட்டுள்ளன. படம் 5 ஆனது, கியூவிலே, 1898–1915, 1916–28 ஆகிய இரு காலப்பிரி வுகளின் கோடை மாதங்களின்போது அழுத்தப்படித்திற னில் நிகழ்ந்த மாற்றங்களை எடுத்துக் காட்டுகின்றது; மேலும், அதே படத்தில், 1921–28 என்ற காலப்பிரிவினுள் (வடிதாள் வழியாக வளியை இழுத்துத் துணியப்பட்ட) அழுக்கின் மாறலும் எடுத்துக்காட்டப்பட்டிருக்கிறது. இப்பட மானது, அழுத்தப்படித்திறனுக்கும் அழுக்கிற்கும் உள்ள நெருங்கிய தொடர்பை மட்டுமன்றி, 1916 ஆம் ஆண்டில், பெரிய பிரித்தானியாவில் " வேனிற்காலத்தைப் " புகுத்தியதாலான முனைப்பான விளைவையுங்கூட எடுத்துக் காட்டுகிறது. "வேனிற்கால நேரம்", நடைமுறையில் வந்த பின் காலை இழிவும் உயர்வும் உண்மையிலே கிட்டத்தட்ட ஒரு மணித்தியாலத்தால் பின் வாங்கியுள்ளன. வளி மண்டல அழுக்கு வளையியானது உயர்வுகளும் இழிவு களும் கொண்டது. அவை நகரங்களில் உண்டாகும் புகை யின் அளவிலே உள்ள மாற்றமும் வளிமண்டலத்தின் உறுதிப்பாட்டிலுள்ள மாற்றமும் சேர்ந்து தரும் விளைவா லாகும் எனச் சிம்சன் (Simpson) என்பார் விளக்கி யுள்ளார். பிந்தியது பரப்புக் காற்றுக்கள் தம்முள் கலக் கின்றபடியாலும் கீழ் வளியின் பொதுக் கொந்தளிப்பாலும் ஆகின்றது.

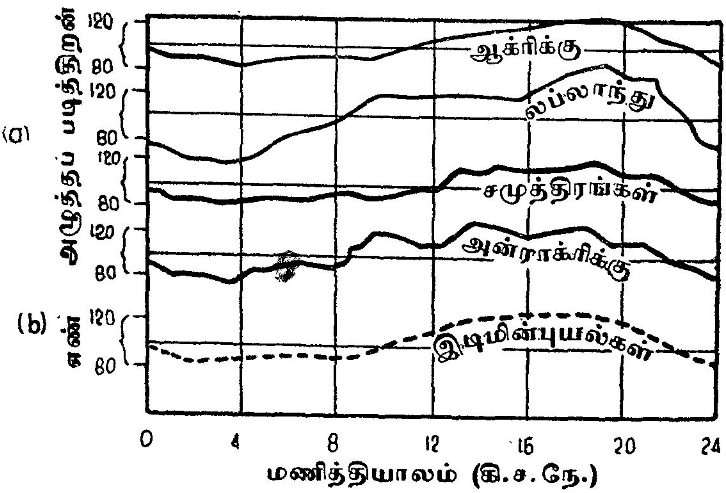
அழுத்தப் படித்திறனின் ஆண்டு மாறலைப் பொறுத்த மட்டில், வட்டார மாரிகாலத்தில் உயர்வொன்றையும் வட்

டாரக் கோடைகாலத்தில் இழிவொன்றையும் இரண்டு அரைக்கோளங்களிலுமுள்ள நில நிலையங்கள் காட்டுகின் றன. அன்ராக்ரிக்குப் பிரதேசம் மட்டுமே குறிப்பிடத்தக்க விலக்கொன்ருகும் ; அங்கு அவத்தைப் புறமாற்ருென்று தோன்றி, வட்டாரக் கோடையில் உயர்வொன்றையும் வட்டார மாரியில் இழிவொன்றையும் தரும்.

நகரங்களுக்கு அணித்தாயுள்ள நிலப்பரப்பு நிலையங் களில் காணப்படும் மாறலானது, வட்டாரக் காரணங்களால் உண்டாகின்றபடியாலும் சமுத்திரங்களுக்கு மேலே முனைப் பான வட்டார விளைவுகளை எதிர்பார்க்க முடியாதபடியா லும், பின்னைய இடங்களில் எடுக்கப்படும் நோக்கல்கள் பெரிதும் முதன்மையானவை. மௌக்லி[4] (Mauchly) என் பார் **காணேகியின்** கடற்பிரயாணங்களின்போது எடுக்கப்பட்ட அளவீடுகளைச் சோதித்துக் கடலுக்கு மேலே நன்கு வரை யறுத்த நாளுக்கு நாளுள்ள மாறலொன்றுளது எனவும், அம்மாறலானது புவியின் எல்லாப் பாகங்களிலும் ஒருங்க மையும் உயர்வுகளும் இழிவுகளும் உடையது எனவும் கண்டுபிடித்துள்ளார். எடுத்துக்காட்டாக, எல்லாக் கடல் களுக்கும் மேலே, அழுத்தப் படித்திறனானது கி. ச. நே 5 மணியில் சராசரிக்குக் கிட்டத்தட்ட $15\frac{1}{2}$ சதவீதம் குறைந் தும் கி. ச. நே. 19 மணியில் அச்சராசரிக்குக் கிட்டத்தட்ட 20 சதவீதம் கூடியும் இருக்கிறது எனக் காணப்பட்டுள்ளது. இதே 24 மணித்தியாலத்து அலையானது அகிலஞாயிற்று நேர முறைப்படி விருத்தியாகி அன்ராக்ரிக்கிலும் லப்லாந் திலும் சிம்சன் என்பவரால் நோக்கப்பட்டுள்ளது என்னுஞ் செய்தி குறித்தற்பாலது. (விப்பிள் என்பவரால் தரப்பட்ட) படம் 6 (*a*) யானது இப்பேறுகளை எடுத்துக்காட்டுகிறது ; அவை **காணேகியின்** கடைசிப் பிரயாணத்தின்போது உறு திப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. படத்தில் காட்டப்பட்டிருக்கும் ஒவ் வோர் எடுத்துக்காட்டிலும், சராசரி அழுத்தப்படித்திற

ஞனது 100 வோ./மீ. இற்குக் குறைக்கப்பட்டிருக்கிறது. கடல்களுக்கு மேலே, இதுவரை உணரத்தக்கவளவில் எந்த வருடாந்த மாறலும் நோக்கப்படவில்லை.

அகில நேரத்துக்கு ஒத்ததாய் அழுத்தப்படித்திறனில் மாறலொன்றுளது என்ற மௌக்லியின் கண்டுபிடிப்பு, அடிப்படையான கருத்துடையதெனப் பொதுவாக ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டுள்ளது. இம்மாற்றமானது மேல் வளிமண்டலத்துக் கடத்தும் படைகளுக்கும் புவிக்குமுள்ள அழுத்த வித்தியாசத்தால் உண்டாகின்றது என்பதை வற்புறுத்துதல் வேண்டும்; எவ்வாறு அவ்வழுத்த வித்தியாசம் உற்பத்தியாகின்றது , எவ்வாறு அது பேணப்படுகிறது என்பவற்றிற்கான எந்தக் கொள்கையையும் சோதித்தற்கு அம்மாறன்முறை மிகப் பெருமளவில் பயன்படும்.



படம் 6.

(a) அகில நேரத்துடன் அழுத்தப்படித்திறன் மாறல்.

(b) புவிப்பரப்பிற்கு மேலே, இடிமின்புயல் தொழிற்பாட்டு மாறல்.

20. நேர்த்தியான காலநிலை ஓட்டம் : கடத்தலோட்டமும் மேற்காவுகையோட்டமும். சாதாரணமாகவுள்ள நேர்த்தியான காலநிலைப் புலத்தில் நேரயன்கள் புவியை

அணுகுமாறும் மறையயன்கள் புவியிலிருந்து பிரியுமாறும் செலுத்தப்படும் ; அவ்வயன்களின் இயக்கத்தால் கீழ்த்திசை கொண்ட கடத்தலோட்டமொன்று உண்டாகும். இடைத்தளமொன்றில் க. சமீ. ஊடாகச் செல்லும் அயன் கடத்தலோட்டத்தை $I_0=F\ (\lambda_+ + \lambda_-)$ இனால் எடுத்துரைக்கலாம். இங்கு F மின்புலவன்மையும் λ_+ வும் λ_- வும் முறையே கருதப்படும் புள்ளியில் வளியின் முனைவுக் கடத்தாறுகளும் ஆகும் (§ 3).

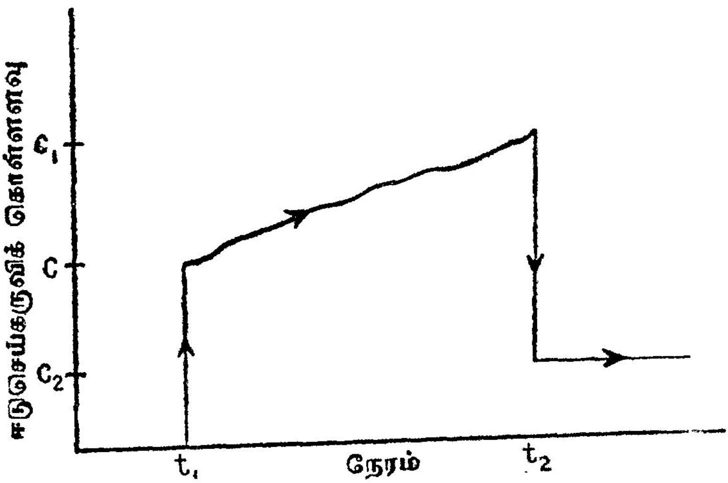
எனினும் பல்வேறியல்புடைய நேர்த்தியான காலநிலை ஓட்டமொன்றும் உளது ; அதுவும் வளிமண்டலத்தில் மின்னிடமாற்றத்தில் பங்கு கொள்ளும். வளியில் எந்தப் புள்ளியொன்றிலும் ஒரே குறியுடைய அயன்மிகை (இடவேற்றம்) இருக்குமானால், காற்றால் அல்லது பொதுக் கொந்தளிப்பால் ஆகும் அசைவானது பொறிமுறை மின்னேற்றவிடமாறுதலொன்றை உண்டாக்கும். இவ்வண்ணம், v, வளியினது வேகத்தின் மேன்முக நிலைக் குத்துக் கூறும், ρ வானது க. சமீ. இலுள்ள இடவேற்றமும் ஆயின், இக்காரணத்தாலாகும் மேன்முக மேற்காவுகையோட்டமானது $v\rho$/க. சமீ. ஆகும். எனவே, நேர்த்தியான காலநிலையில் ஓட்டவடர்த்தியானது கீழ்முகக் கடத்தலோட்டம், மேன்முக மேற்காவுகையோட்டம் ஆகியவற்றின் விளையுளாகும் : அது $I=I_0-v\rho$ வினால் தரப்படும்.

கோளம் அடங்கலும் மொத்த நேர்த்தியான காலநிலையோட்டத்தின் சராசரிப் பெறுமானம், 2×10^{-16} அம்/ச. சமீ. அதாவது 2 மைக்கிரோ அம்./ச. கிமீ. இலிருந்து பெரிதும் வேறுபடாது. எனவே, மேல் வளிமண்டலத்துக்கும் முழுப் புவிக்கும் இடையே பாயும் ஓட்டம் கிட்டத்தட்ட 1000 அம். ஆகும். அழுத்தப்படித்திறனுடன் ஒப்பிட்டுப்பார்க்குமிடத்து புவிநிலையுடன் இவ்வோட்டத்தின் தினசரிக் காலமாறல்கள் மிகக் குறைவாகவேயிருக்கும். முன்பு இவ்வோட்டம் அத்துணைக் கவனிக்கப்படாதிருந்த

போதிலும், ஒப்பீட்டின்போது அது அழுத்தப் படித்திறனைக் காட்டிலும் பயன்மிக்க கணியமொன்றெனவும், ஓரிடச் சூழலால் அவ்வளவாகப் பாதிக்கப்படுவதில்லை எனவும் தெரியவருகிறது.

21. புவிப் பரப்பில் கடத்தலோட்டத்தை நேரடியாகத் துணிதல். வில்சனின் பல்நோக்கு மின்மானியைப் பயன் படுத்தி புவிப்பரப்பில் பாயும் கடத்தலோட்டத்தின் பருமன் நேரடியாகத் துணியப்பட்டுள்ளது ; இங்கு, §14 இல் விவரிக் கப்பட்டவாறு, சோதனைத் தட்டானது நிலப் பரப்புடன் தளமட்டத்தில் ஏற்றப்பட்டிருக்கும். படம் 7 இலுள்ள வலையியானது அளத்தலின்போது கையாளப்படும் செய்கை முறையை எடுத்துக்காட்டுகின்றது. நேரம் t_1 இல், சோதனைத் தட்டின் மூடியை அப்புறப்படுத்தி, புவிமண்ட லமுகமாக அது திறந்து வைக்கப்பட்டு, பொன்னிலை பூச்சிய நிலையை மீளுவதற்குத் தேவையான பெறுமானம் C யிற்கு, ஈடுசெய்யுமொடுக்கி செப்பஞ்செய்யப்படும். இப் பொழுது தட்டுமீதுள்ள ஏற்றம் $-CV$ யும், புலவலிமை $F = 4\pi\dfrac{CV}{A}$ யும் ஆகும் ; இங்கு முன்போலவே, A தட்டின் பரப்பளவும், $-V$ ஈடுசெய்கருவியினது வெளிப் பகுதியின் அழுத்தமுமாகும். இனி, சோதனைத் தட் டானது நேரம் t_2 வரை திறந்த நிலையில் வைக்கப் பட்டிருக்கும் ; மேலும், வளியிலிருந்து செலுத்தப்பட்ட நேரயன்களால் தட்டிற்கு வழங்கப்படும் ஏற்றத்தைச் சம நிலைப்படுத்துமுகமாக ஈடுசெய்யும் கொள்ளளவை உயர்த்தி அத்தட்டானது புவியழுத்தத்தில் தொடர்ந்து வைக்கப் பட்டிருக்கும். புலவலிமைமாறல், எனவே தட்டில் தூண் டிய ஏற்றமாறல் காரணமாக இவ்வதிகரிப்பு ஒழுங்கான தாயிராது. நேரம் t_2 இல் தட்டு மீண்டும் மூடியால் காவலி டப்பட்டு, காவலிடப்பட்ட தொகுதி புவியழுத்தத்தில் இருக்கும் வண்ணம் ஈடுசெய்யும் கொள்ளளவானது

C_1 இலிருந்து C_2 இற்குக் குறைக்கப்படும். இந்தக் கணத்தில் புலவலிமை, $4\pi \ (C_1 - C_2) \ V/A$ ஆகும். அளத்தலின் தொடக்கத்தில் ஈடுசெய்யும் கொள்ளளவு பூச்சியமாக இருந்தபடியால் இடைவேளை $t_2 - t_1$ இல் தட்டானது C_2V அளவால் நேரேற்றம் பெற்றுள்ளது எனவும், கடத்தலோட்டத்தின் சராசரிப் பெறுமான மானது சதுரச் சதமமீற்றரொன்றிற்கு $C_2V/A \ (t_2 - t_1)$ என்பதும் தெளிவு. நடைமுறையொழுங்கில் ஆய்கருவி யானது, நிலமட்டத்துக்கு மேலே, முக்காலியொன்றில்



படம் 7. வில்சனின் பல்நோக்கு மின்மானியால் கடத்தலோட்டத்தை அளத்தல்.

ஏற்றப்பட்டிருக்கும் ; குழியொன்றில் எடுக்கப்படும் நோக் கல்களிலிருந்து ஒடுக்கற் காரணியை அடிக்கடி பெற்று, அளவீடுகள் நியமமாக்கப்படுகின்றன.

22. வளியிலுள்ள புள்ளியொன்றில் கடத்தலோட்டத்தை நேர்மாறு முறையாகத் துணிதல். வளியிலுள்ள புள்ளி யொன்றிலே, புலவலிமை F ஐயும் முனைவுக்கடத்

தாறுகள் λ_+, λ_- என்பவற்றையும் தனித்தனியே அளந்தும், அப்புள்ளியிலுள்ள கடத்தலோட்டத்தைத் துணியமுடியும். இவ்வதிகாரத்தில் Fஐ அல்லது அழுத்தப் படித்திறனைத் துணிவதற்குப் பயன்படுத்திய முறைகள் ஏற்கெனவே விவரிக்கப்பட்டுள்ளன; கடத்தாறுகள் § 2 இல் காட்டப்பட்ட கேடியன் (Gerdien) முறையால் வழக்கமாகக் காணப்படும். கேடியன் முறையில், சேரிங் (Schering) என்பவர் செய்த மாற்றமைப்பிலே, உருளை யொடுக்கிக்குப் பதிலாகப் புவியோடிணைக்கப்பட்ட பெரிய கம்பிக்கூடொன்று பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது; மின்மானி யொன்றுடன் தொடுக்கப்பட்டதும் காவலிடப்பட்டு ஏற்றம் பெற்றதுமான கம்பியொன்று அக்கூட்டின் அச்சுவழியே உளது. கேடியன் முறையில் செய்ததுபோலவே சரியாக இங்கும் மறைக்கூறி கொண்ட அயன்களால் ஆகும் ஏற்றச் செலவுவீதம் துணியப்படுகிறது. மேலும், குறிப்பிட்ட நிபந் தனைகள் நிறைவேற்றப்பட்டிருந்தால், அதே சமன்பாடுகள் இங்கும் பொருந்தும். ஓட்டப் பாய்ச்சலால், அயன்களின் எண்ணிக்கையில், உணரத்தக்க அளவிலே, மாற்றம் ஏதும் ஏற்படாதிருத்தற்பொருட்டு, கூடானது போதிய அளவில் பெரிதாயும் கம்பிமீதுள்ள ஏற்றமானது போதிய அளவில் சிறிதாயும் இருத்தல் வேண்டும். அடுத்து வரும் பந்தியில் எடுத்து விவாதிக்கப்படவிருக்கும் மின்வாய் இடவேற்றங் களின் வளர்ச்சியைப் பொதுவான வளிமண்டலச் சுற் றோட்டத்தால் தடுக்குமுகமாக ஆய்கருவி திறந்தவெளி யில் அமைக்கப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். கடைசியாக, புவி யின் புலம் பாதிக்கப்படாதவாறு முழுக்கூடும் பருமட்டான கூரை அல்லது மரங்களால் காவலிடப்பட்டிருத்தல் வேண்டும்; இல்லாவிட்டால், கூட்டின் வெளிப்பக்கத்தில் தூண்டிய மறைவேற்றம் உண்டாகி, உட்புகும் வளி மறைய யன்களை இழக்குமாறு செய்யும்.

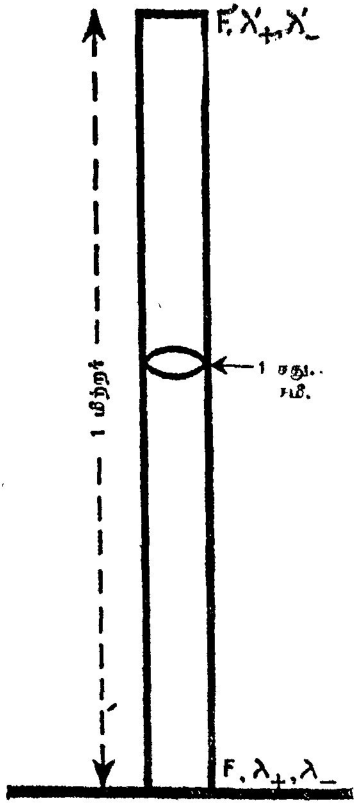
23. நேரடி முறைகளையும் நேரில் முறைகளையும் ஒப்பிட்டுப் பார்த்தல் : மின்வாய் இடவேற்றம். வில்சனின் நேரடிமுறையில் புவியிற் புகும் கடத்தலோட்டம் அளக்கப்படுகின்றது ; நேரில் முறையில், புவிக்கு மேலே, குறிப்பிட்டவோர் உயரத்தில், ஓட்டம் அளக்கப்படுகின்றது. பின்னையதில், முறையே எதிர்த் திசைகளில் அசைகின்றவையும் மறைக்குறிகளுடையவையுமான அயன்களைக் கொண்ட இரண்டு அருவிகளாலேயே ஓட்டம் ஆகின்றது ; முன்னையதில், நேரயன்கள் புவியில் புகுகின்றபோதிலும் மறையயன்கள் புவியிலிருந்து வளிமண்டலத்தில் புகாதபடியால், ஓட்டமானது தனி அருவியொன்றுலேயே உண்டாகும். எனவே, இவ்விரு முறைகளும் ஒரேயளவு கணியத்தை அளக்கும் என்ற கட்டாயமில்லை. அம்முறைகளில் ஒன்று, உயரமொன்றில் மெய்யான கடத்தலோட்டத்தை அளக்கின்றது ; மற்றையது தரைமட்டத்தில் அவ்வோட்டத்தின் நேர்க்கூறை அளக்கின்றது.

முற்றிலும் ஒய்வாயிருக்கின்ற வளியைக் கொண்ட நிலைக்குத்தான உருளையொன்றைக் கருதுக. அது உயரம் h உம் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பு 1 ச. சமீ. உம் கொண்டது. அதன் அடி, தரையிலுள்ளது (படம் 8). முறையே இவ்வுருளையின் முடியிலும் அடியிலும் மின்புலம் F' உம் F உம் ஆகுக ; λ'_+, λ'_- வும் λ_+, λ_- வும் முனைவுக் கடத்தாறுகள் ஆகுக. முடி வழியே பாயும் கடத்தலோட்டம், $F'(\lambda'_+ + \lambda'_-)$ ஆகும் ; செக்கனொவ்வொன்றிலும், நேரேற்றம் $F'\lambda'_+$ உட்புகும் ; மறையேற்றம் $F'\lambda'_-$ வெளியேறும். அடிப்புறமூடாக நேரயன்களைக் கொண்ட கீழ்முகமான பாய்ச்சல் மட்டுமே இருக்கும் ; அப்பாய்ச்சலால், செக்கனிற்கு $F\lambda_+$ அளவு நேரேற்றம் எடுத்துச் செல்லப்படும். எனவே, முழு உருளையும், ஒரு செக்கனில் நேரேற்றம் $F\lambda_+ - F'\lambda'_+$ என்பதையும் மறையேற்றம் $F'\lambda'-$ ஐயும் இழக்கும். ஒரு செக்கனில் $F'\lambda'_- - (F\lambda_+ - F'\lambda'_+) = F'(\lambda'_+ + \lambda'_-) - F\lambda_+$ என்ற வீதத்தில் நேரிடவேற்ற

மொன்று விருத்தியடைகின்றதென நாம் எடுத்துரைக்க லாம். இம் "மின்வாய்" இடவேற்றத்தின் விருத்தியால் புலம் F' தானுகவே குறையும்; செக்கனுெவ்வொன்றி லும் உருளையிலிருந்து நேரயன்கள் வெளியேறும் அதே அளவில் மறையயன்கள் வெளியேறுவதற்குத் தேவை யான பெறுமானத்தை F' கொண்டிருந்தால் அதாவது

$$F'(\lambda'_{+}+\lambda'_{-})=F\lambda_{+}, \quad (2.1)$$

என்னும் கட்டத்தில் இருந்தால், மட்டுமே மேற்படி மின்வாய் இடவேற்றம் மறையும்.



படம் 8. மின்வாய் இடவேற்றம்.

இக்கடைசிச் சமன்பாட்டின் இருபக்கங்களும் முறையே உயரம் h இலும் தரைமட்டத்திலுமுள்ள கடத்தலோட்டங்களைத் தரும். இவ்வண்ணம், முற்றிலும் அமைதியாக இருக்கின்ற வளியில் நாம் ஏற்கெனவே விவரித்த இரு முறைகளிலும் வெவ்வேறு கணியங்கள் அளக்கப்பட்ட போதிலும், அம்முறைகள் எண்ணளவில் ஒரே பெறுமானங்களையே தரும்.

λ_{+} வானது $(\lambda'_{+}+\lambda'_{-})$ வைக் காட்டிலும் கட்டாயமாக உணரத்தக்க அளவில் சிறிதாக இருத்தல் வேண்டும். எனவே F கிட்டத்தட்ட F' இன் இரு மடங்காக இருத்தல் வேண்டுமெனச் சிலகாலம்வரை கருதப்பட்டுள்ளது.

எனினும் ஸ்கிரேஸ் (Scrase)[5] என்பார் F இற்கும் F' இற்கும் இடையே உணரத்தக்கவளவில் எந்த வித்தியாசத்தையும் காணவேயில்லை. அற்ப அளவில் மின்வாயிடவேற்றமிருக்கக் கண்டார். இடவேற்றம் உண்டாகின்ற அதே வீதத்தில் வளிமண்டலக் கொந்தளிப்பால் அது அப்புறப்படுத்தப்படுகிறது என விப்பிள் எனபார் காட்டியுள்ளார். ஆனால், அக்கருத்தைக்கொண்டு மேற்படி பேறுகளை விளக்கமுடியாது.

மண்ணிலுள்ள கதிர்ப்புத் தொழிற்பாட்டுப் பொருளிலிருந்து வரும் α க் கதிர்கள், β க் கதிர்கள் ஆகியவற்றின் வட்டார விளைவுகள் காரணமாக, λ_+ கருதப் பட்டிருந்த அளவைக் காட்டிலும் மிகப்பெரியது எனவும் அது இட்டத்தட்ட $(\lambda'_+ + \lambda'_-)$ விற்குச் சமன் எனவும் ஹொக் (Hogg)[6] என்பார் கண்டுபிடித்த செய்தி இப்பிரச்சினையைத் தீர்த்துவிட்டதுபோல் தோற்றுகிறது. $F \simeq F'$ ஆதலால், சமன்பாடு **2.1** ஆனது திருப்தியாக்கப்படும்; எனவே மின்வாய் இடவேற்றம் பற்றிய பிரச்சினை எழுவதில்லை.

உலகின் வெவ்வேறு பாகங்களில் நேரடிமுறையால், நேர்த்தியான காலநிலையில், வளி–புவி ஓட்டத்திற்குக் கிடைத்த பெறுமானங்கள் 1·0 இலிருந்து $4{\cdot}0 \times 10^{-16}$ அம்./சமீ^{2}. வரையுள்ள வீச்சிலும், நேரில் முறையால் கிடைத்தவை 0·4 இலிருந்து $3{\cdot}2 \times 10^{-16}$ அம்./சமீ^{2}. வரையான வீச்சிலும் உள்ளன. ஏற்கெனவே சுட்டிக் காட்டியதும், நடைமுறையில் காணப்படுவதும் போன்ற இவ்விரு முறைகளும் ஒரே பேற்றையே தரவேண்டியிருந்தபோதிலும், λ_+ விற்குக் காரணமான அயனுக்க முதல்கள், மேற்காவுகையோட்டங்கள் ஆகியவற்றின் மாறுந்தன்மை காரணமாக இவ்விரு முறைகளுள் நேரடிமுறையே கூடுதலான நம்பிக்கைக்குரியது எனத் தெரியவருகிறது.

24. நேர்த்தியான காலநிலையோட்டத்தில் நிகழும் மாற்றங்கள். மட்டான நேர்த்தியான காலநிலையில், அமுத்தப்படித்திறனைக் காட்டிலும் வளி–புவி ஓட்டமே குறைவான அளவில் மாறுந்தன்மையுடையது என அவ்வோட்டத்தின் ஆய்வுக்குரிய நேரடிமுறைகளும் நேரில் முறைகளும் சுட்டுகின்றன. புலம், வளியின் மொத்தக் கடத்தாறு $\lambda = \lambda_+ + \lambda_-$ ஆகிய கணியங்கள் ஓரளவிற்கு நேர்மாறு விகிதத்தில் மாறுகின்றன என அக்கணியங்களின் ஒருங்கமை அளவீடுகள் காட்டுகின்றன ; அது காரணமாக அக்கணியங்களின் பெருக்கமானது, அவ்விரண்டில் எதைக் காட்டிலும் குறைவாகவே மாறுந்தன்மையுடையதாக இருக்கும். ஒடுக்கற் கருக்களின் எண்ணிக்கை கூடினும் அல்லது மூடுபனித் துணிக்கைகள் இருந்தால், வளியில் இருக்கும் மந்தமான அயன்களின் விகிதம் கூடி, λ குறைக்கப்படும் ; அப்பொழுது λ வின் குறைவுக்கு ஏற்றதாய் அமுத்தப்படித்திறன் கூடும். புவியினது புலத்தில் நாடோறுமுள்ள மாற்றத்தின் எளிய வகைக்கு ஒத்ததாய் கடத்தாறு நேர்மாருய் மாறலுறுகின்றது ; முன்னையதில் ஒன்று அதிகாலையில், 3 மணிக்கும் 4 மணிக்கும் இடையில் நிகழும். மாநகர்களின் அயலிலுள்ள அளவிறந்த வளிமண்டல அழுக்கின் விளைவாக அமுத்தப் படித்திறன் உயர்த்தப்பட்டும் கடத்தாறு தாழ்த்தப்பட்டும் இருக்கும் ; அது ஏற்கெனவே (§ 19 இல்) ஆராயப்பட்டுள்ளது. எனினும், பொதுவாகக் கூறுமிடத்து, λ விற்கும் F இற்குமிடையேயுள்ள நேர்மாறு தொடர்பானது போதியவளவில் செப்பமற்றதாதலால், அது கடத்தலோட்டம் மாருதிருக்க விடமாட்டாது. ஐரோப்பிய நிலப்பரப்பு நிலையங்களிலே, கடத்தலோட்டமானது ஆண்டு மாறலுடையதெனக் காணப்பட்டுள்ளது அவதைதயைப் பொறுத்தமட்டில் மேற்படி மாறலும் அமுத்தப்படித்திறன் மாறலும் பொருந்தும் ; ஆனல்

முன்னையதன் வீச்சம் பின்னையதினதைக் காட்டிலும் குறைவாகவே இருக்கும். மற்ற நிலையங்களில், ஓட்டத்தின் தினசரி மாறலானது கடத்தாறு மாறலைப் பின்பற்றி நிற்கும்.

25. மாபெரும் உயரங்களில் கடத்தலோட்டம். நிலத்துக்கு மேலே, உயரத்துடன், F விரைவாகக் குறையுந்தோறும், λ கூடுகின்றது எனவும், அக்கூடுதலின் பருமனானது கடத்தலோட்டம் அண்ணளவாக மாருதிருக்கும் வண்ணம் உள்ளது எனவும் பலூன்கள் ஏறும்போது அழுத்தப்படித்திறனையும் வளிமண்டலக் கடத்தாறையும் ஒரே நேரத்தில் துணிவதால் காணப்பட்டுள்ளது. ஏறுகையொன்றின்போது விகண்ட் (Wigand)[7] என்பவரால் எடுக்கப்பட்ட பேறுகள் IIIம் அட்டவணையில் காட்டப்பட்டுள்ளன. புலமானது அதனது நிலமட்டப் பெறுமானத்தின் 1/15 இற்குக் குறைந்திருக்கும்போது கடத்தாறு பதினெரு மடங்கு கூடியிருக்கின்றது என அவ்வட்டவணையிலிருந்து அறியக்கிடக்கின்றது.

அட்டவணை III

பலூனென்று ஏறும்போது அளக்கப்பட்ட கடத்தலோட்டம் (விகண்ட்)

(மீற்றர்) உயரம்	(வோல்ற்று/ மீற்றரில்) F	(நி.மி.அ.வில்) λ	(அம்./ச.சமீ.இல்) I
0	136	$1{\cdot}1\ 10^{-4}$	$1{\cdot}7\ 10^{-16}$
2500	27	$4{\cdot}8\ 10^{-4}$	$1{\cdot}4\ 10^{-16}$
4400	18	$8{\cdot}2\ 10^{-4}$	$1{\cdot}6\ 10^{-16}$
6500	8.8	$12{\cdot}6\ 10^{-4}$	$1{\cdot}2\ 10^{-16}$

1935[8] இல், எக்ஸ்புளோறர் II (Explorer II) என்ற ஐக்கிய அமெரிக்க நாட்டுச்சேனை பலூனில் பறந்தபோது எடுத்த கடத்தல் அளவீடுகளினுல் மேற்படி பேறுகள்

உறுதிப்படுத்தப்பட்டும் விரிவாக்கப்பட்டும் இருக்கின்றன. 18 கிமீ. உயரம் வரை வளியிலுள்ள அயனுக்கமானது பருமட்டாய் கிமீ. ஒன்றிற்கு 500 அயன் சோடி என்றவாறு கூடுகின்றது எனவும், 18 கிமீ. இல் கடத்தாறனது கிட்டத் தட்ட நிலத்திலுள்ள அதன் வழக்கமான பெறுமானத் தின் 100 மடங்காகும் எனவும் இப்பேறுகள் காட்டுகின்றன.

26. வளி–புவி ஓட்டத்தின் உட்பொருள். முதலண்ண ளவாகவேனும், வளி–புவி ஓட்டமானது மேல் வளிமண்ட லத்துக்கும் புவிக்குமிடையேயுள்ள மாறு அழுத்தவித்தியா சத்தால் உற்பத்தியாகின்றது எனவும் அதன் உண்மை யான பெறுமானமானது மேற்படி இரு பிரதேசங்களுக் குமிடையேயுள்ள வளியின் தடையில் தங்கியுள்ளது எனவும் நிலத்துக்கு மேலேயும் உலகத்தின் வெவ்வேறு பாகங்களி லும் அவ்வோட்டம் பொதுவாக மாறுததிலிருந்து அறியக் கிடக்கிறது. இவ்வளிப்—பாதையினது மேற்பகுதியின் கடத் தாறு முற்றிலும் அண்டக்கதிர்* வீசலாலானது; அது பகல் நேரத்தோடோ, இடத்தோடோ, காலத்தோடோ உணரத் தக்க அளவில் மாறும் என நாம் எதிர்பார்க்கலாகாது. ஆனால், நிலப்பரப்புக்களுக்கு மேலே கிட்டத்தட்ட 2 கிமீ. இற்குக் குறைவான உயரங்களில் வளியிலும் புவியிலும் உள்ள கதிர்ப்புத் தொழிற்பாட்டுப் பொருள், இன்னுமோர் அயனுக்க முதலாக விளங்குகின்றது; அது, § 5 இல் காட்டப்பட்டது போல் பெரிதும் மாறும். மேலும், இப்பிர தேசத்தில், வளியின் கடத்தாறனது, பேரயன்கள், சிற்ற யன்கள் ஆகியவற்றின் தொடர்புச் செறிவில் தங்கியுள்ளது; அவ்வயன்கள் உடனிருக்கும் கருக்களின் எண்ணிக்கை யுடன் மாறும். எனவே நோக்கற் புள்ளிக்கு மேலேயுள்ள ஓட்டங் காவும் வளிநிரலின் மேற்பகுதி மாறுத் தடையை

*இக்கூற்று நிலத்துக்கு மேலே, 15 இலிருந்து 30 கிலோமீற்றர் வரையுள்ள வட்டாரங்களைப் பற்றியதே. 80 கிலோமீற்றர் உயரத்திலுள்ள E படை ஞாயிற்று உற்பத்தியை உடையது.

உடையது ; அதன் கீழ்ப் பகுதி மாறுந்தடையுடையது ; அவ்விரு பகுதிகளும் தொடர்நிலையில் இருக்கின்றன. எவ்வளவிற்கு வட்டாரச் சூழலுடன் மேற்படி வளி நிரலால் காவப்படும் ஓட்டம் மாறும் என்பது மொத்தத் தடையைக் குறித்துக் கீழ்ப்பகுதியின் மாறுந்தடை கொண்டுள்ள விகிதத்தைப் பொறுத்துள்ளது.

1 ச. சமீ. குறுக்குவெட்டுப் பரப்புடைய வளிநிரலொன்றின் மொத்தத் தடை, கிட்டத்தட்ட $1{\cdot}0 \times 10^{21}$ ஓம் ஆகும் என அட்டவணை III இல் தரப்பட்டுள்ள விகண்டின் பேறுகளும் எக்ஸ்புளோறர் II இன் பறத்தலின்போது[8] கிடைத்தவையும் சுட்டுகின்றன. உயரம் 14 கிமீ. இலிருந்து 18 கிமீ. வரையுள்ள கடத்தாறு அத்துணைப் பெருமளவில் இருக்கிறபடியால், அம்மேலான பிரதேசம் சிறிதளவில் மட்டுமே தடைக்குப் பங்களிக்கிறது. அதனினும் மேலான பிரதேசங்களின் பங்களிப்பு இன்னும் குறைவாகவே இருக்கும். மேற்படி நிரலில் தடைத்திறன் மாறும் பகுதியானது புவிக்கு மேலேயுள்ள முதல் 100 மீ. ஆயின் அங்கு தற்றடை வழக்கமாக 8×10^{15} ஓம்–சமீ ஆக இருக்கிறபடியால் அப்பகுதி மொத்தத் தடைக்கு அளிக்கும் பங்கு 8×10^{19} ஓம் ஆகும். முதல் 100 மீ. இன் கடத்தாறு அரைவாசியாக்கப்பட்டாலும், அதனுல் வளி–புவி ஓட்டத்தில் 4 வீதம் மட்டுமேதான் பாதிக்கப்படும் என நாம் காண்கின்ருேம். மறுசார், நிலமட்டத்துக்கு அணித்தாக அழுத்தப்படித்திறன் இரு மடங்காகிவிடும் ; ஏனெனில், இக்கருத்தின்படி அது ஓட்டங் காவும் நிரலின் மிகக் கீழான பகுதியில், அலகுநீளமொன்றிலுள்ள அழுத்த வீழ்ச்சியைக் குறிக்கின்றது என்பதேயாம். நிலப்பரப்புக்கு மேலே, சிறப்பாக மாநகரங்களுக்கு அணித்தாக, எடுக்கப்படும் அழுத்தப்படித்திறன் அளவீடுகளிலிருந்து, மேல் வளிமண்டலத்துக்கும் புவிக்குமிடையேயுள்ள மொத்த அழுத்த வித்தியாசம்பற்றிய நேரடியான செய்தியை எதிர்பார்க்க முடியாது என்பது தெளிவு. கடலிலும் துருவப்

பிரதேசங்களிலும் எடுக்கப்படும் நோக்கல்களிடத்து நிலைமை வேறு ; அப்பிரதேசங்களில், முழு நிரலிலுமுள்ள மொத்த அயனுக்கமானது இட்டத்தட்ட அண்டக்கதிர்களாலானது ; நேர்த்தியான காலநிலைப் படித்திறனைப் பாதிக்கக்கூடிய ஒரேயொரு வட்டாரவிளைவாக, அங்கு சிற்றயன்களைப் சிறைப்பிடிக்கக்கூடிய கருக்களின் எண்ணிக்கையில் உண்டாகும் மாற்றம் உளது.

27. குழம்பிய காலநிலையின் போதுள்ள மின்புலம். நேரேற்றம் பெற்ற மேல்வளிமண்டலம், மறையேற்றம் பெற்ற புவிப்பரப்பு ஆகியவற்றாலாகும் பொதுவான, கீழ் முகமாகத் திசைப்படுத்தப்பட்டுள்ள புலமானது நேர்த்தியான காலநிலையில்லாதபோது அடிக்கடி குழப்பமுறுகிறது. § 24 இல் காட்டியுள்ளவாறு, மூடுபனியிருக்குங்காலே, இப்புலம் பெருமளவில் உயர்த்தப்படுகிறது ; அதன் வழக்கமான பெறுமானத்தின் பத்து மடங்கையும் அது ஒருகால் அடையலாம். அரைகுறையாக வறண்ட பிரதேசங்களிலும் பாலைவனங்களிலும் பொதுவாகக் காணப்படும் தூசிப்புயல் வகையின்போது வலுமிக்க, நேர்மாறுக்கப்பட்ட, அதாவது மறையான, புலம் வழக்கமாக இருக்கும். அது 10,000 வோ./மீ. ஐ. அடையும். மந்தாரம் போட்டிருக்கும்போதும் மழைபெய்யும் போதுமுள்ள விளைவுகள் மாறுந்தன்மை உடையன ; அவ்விளைவுகள் நுண்தூறலின்போது மீற்றருக்கு ஒரு சில நூறுவோல்ற்று என்னும் வரிசையின்பாற் படும் படித்திறனிலிருந்து இடிமுழக்க மேகங்களுக்குக் கீழே 50,000 வோ./மீ. போன்று அத்துணைப் பெரிதான படித்திறன் வரையான வீச்சில் கிடக்கும்.

பொதுவாகக் கூறுமிடத்து, இலேசான அல்லது நிலையான மழைபெய்யும்போது, சில வேளைகளில் நேர்ப்புலம் நோக்கப்பட்டபோதிலும், மறைப்புலமே விஞ்சியிருக்கும். கடுமழை அல்லது இடிமுழக்கங்களிடத்து, புலத்தின் குறியானது நோக்கும் புள்ளிமீதாகச் செல்லும் மேகப்

பகுதியைப் பொறுத்துள்ளது ; ஆனல், இங்கும் கூட, மறைப்படித்திறன்களே கூடுதலாகக் காணப்படுகின்றன என்பதற்குச் சான்றுகள் உள.

இடிமின்னலோடு கூடிய புயலின்போது, மேகமானது மின்னலை உண்டாக்கும் ஆற்றலுடையதாக இருக்குமாயின் புலம் பெருமளவான ஏற்றவிறக்கங்களைக் காட்டும். செக்கனென்றின் பின்னமளவான மிகக் குறுகிய இடைவேளைகளைத் தவிர்த்தால், நிலமட்டத்தில் புலத்தின் பெறுமானமானது வழக்கமாகப் 10,000 வோ./மீ. முதல் 20,000 வோ./மீ. வரையான வீச்சை மீறுது. மின்னல் இல்லாத, ஆனல் அதிக மழையோடு கூடிய புயலின் போது முன்னர் போன்ற உயர் புலங்கள் காணப்படுகின் றன. மழைப்பனிப் புயலின்போது புலம் வழக்கமாக நேரானது ; கடும் புயலின்போது புலம் 10,000 வோ./மீ. ஐ அடையலாம். இடிமுழக்க மேகங்களின் உயர்ந்த, விரைவாக மாறுகின்ற புலங்களின் சோதனைக்கெனப் பயன்படுத்திய முறைகள் அதிகாரம் III இல் விவரிக்கப்படும்.

28. மழையும் மழைப்பனியும் காவும் ஏற்றம் ; படிவு வீழ்முறை ஓட்டம். ஒப்பிட்டுப்பார்க்குமிடத்து மழை, ஆவி, மழைப்பனி, ஆலங்கட்டி மழை ஆகிய படிவுவீழ் முறைகளாற் புவிக்கு வழங்கப்படும் ஏற்றத்தைச் சோதிப்பதற்கான ஆய்கருவி மிக எளியது ; அடிப்படையில் அது மழை முதலியவற்றைச் சேர்க்கக்கூடிய காவலிட்ட உலோகப் பாத்திரமொன்றையும், கிடைக்கும் ஏற்றத்தை அளக்கும் மின்மானியொன்றையும் கொண்டுள்ளது. இருந்தாலும் கொள்கலம் மீது துளிகள் சிதறும்போது வளிக்கு அளிக்கப்படும் மறையேற்றத்தாலாகின்றதும் குழப்பத்தை உண்டாக்குகின்றதுமான விளைவை (Lenard விளைவை) நீக்குமுகமாக முன்னேற்பாடுகள் கவனமாகச் செய்யப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். இம்மறையேற்றத்தில் கொஞ்சத்தை

இழக்க நேரிட்டால் போலியான நேரேற்றங்கள் காட்டப்படும். அதேபோல், வாங்கும் பாத்திரத்துக்குப் புறத்தே மழைச் சொட்டுக்களின் சிதறலாலாகும் தூவானமானது அப்பாத்திரத்தினுள் நுழையலாகாது. அவ்வாறு நுழையின் அதைத் தடுத்தல் வேண்டும். வெளியேயுள்ள மின் புலத்தால் பாதிக்கப்படாதிருக்கும்வண்ணம் வாங்கும் பாத்திரமானது நிலேமின் திரையிடப்பட்டிருத்தல் வேண்டும். மழைபெய் கதியும் சில வேளேகளில் தனிச் சொட்டுக்களின் பருமனுங் கூட அளக்கப்படுகின்றன. சொட்டொன்று, காவலிடப்பட்ட உருளேயொன்றூடாகச் செல்லும்போது ஆக்கும் தூண்டல் விளேவைப் பெருக்கித் தனிச் சொட்டுக்களால் காவப்படும் ஏற்றத்தை அளக்கலாம். இங்கு இறக்கப்படும் ஏற்றங்கள் உணரத்தக்க அளவில் தம்முள் வேறுபடுகின்றபடியால் இத்தகைய பரிசோதனேகளில் நோக்கற்றொடர் நீண்டதாக இருத்தல் வேண்டும்.

1908 ஆம் ஆண்டிலிருந்துதான் புது முறைப்படி நோக்கற்றொடர்கள் எடுக்கப்பட்டுள்ளன ; அதன் விளேவாக மழைச்சொட்டுக்களில் பொதுவாக நேரேற்றமே பெரும்பான்மையாக இருக்கின்றது என எல்லா நோக்குநராலும் காணப்பட்டுள்ளது. எல்லாவகைப் படிவு வீழ்முறைகளாலும் இறக்கப்படும் நேரேற்றத்தின் அளவு, மறையேற்றத்தின் அளவு ஆகியவற்றின் சராசரி விகிதமானது நோக்குபவனின் நிலேயைப் பொறுத்துள்ளது. இவ்விகிதத்துக்குக் கிடைத்த சில பெறுமானங்கள் பின்வருமாறு : பொட்சுதாம் (சின்டெல்ஹவர் (Schindelhauer), 1·4 : 1 ; புயி-என்-வெலே Puy-en-Velay, (பால்டி Baldit), 2·4 : 1 ; டப்ளின் (Dublin) (மக்கிளெல்லனும் நோலனும்) (McClelland and Nolan), 4·8 : 1 ; சிம்லா (Simla), சிம்சன் (Simpson), 2·4 : 1 ; ஒற்ருகோ, நியூசிலாந்து, (மார்விக்) (Marwick), 3.2 : 1. மழைப் பனியானது வழக்கமாக உணரத்தக்க அளவில் மறையேற்றத்தைக் காவுகின்றது ;

தூறலிலுள்ள நுண்டுளிகளும் அவ்வாறே. இச்செய்திகள் குறித்தற்பாலன ; அவை மேற்படி பொது விதிக்கு விலக்காகும்.

“மழைமீதுள்ள ஏற்றமும், அது அவ்வப்போது காணப் படும் மின்புலத்துடன் கொண்டிருக்கும் தொடர்பும்” என் னும் விடயம் இடிமுழக்க மேகங்களின் மின்னேற்றுத லுடன் இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றபடியால், அது அண்மைக் காலத்தில் சிறப்பாக ஆராயப்பட்டுள்ளது. அவ்வாய்வு § 45 இல் எடுத்துரைக்கப்படும்.

கடும் இடிமின்னலோடு கூடிய புயல் மழையிடத்து க. சமீ. மழை நீரிலுள்ள ஏற்றத்தின் சராசரிப் பெறுமான மானது 30 இலிருந்து 40 நி. மி. அ. வரையான வீச்சில் கிடக்கும் ; தனிச்சொட்டுக்கள் 100 இலிருந்து 200 நி. மி. அ. வரையுள்ள ஏற்றங்களைக் காவி (கிஷ்வெண்ட்) (Gschwend) 300v (வோல்ற்று) போன்ற பெரிய அழுத் தங்களை அடையலாம். எல்லாவகைப் படிவு வீழ்முறை களிலும் நீண்ட நோக்கற் றொடர்களின்போது க. சமீ. இல் வெவ்வேறான நோக்குநர்களாற் காணப்பட்ட தேறிய ஏற்றத்தின் சராசரிப் பெறுமானங்கள், பொட்சுடாமில் (சிண்டலவரர்) பெற்ற $+0{\cdot}029$ நி. மி. அ. இலிருந்து சிம்லாவில் (சிம்சன்) பெற்ற $+0{\cdot}176$ நி. மி. அ. வரையான வீச்சினுள் அடங்கும்.

இவ்வண்ணம் வளிமண்டலத்திலிருந்து புவிக்கு இட மாற்றப்படும் ஏற்றமானது “படிவுவீழ்முறை” ஓட்டம் எனப் படும் ; புவிக்கு, மறையேற்றத்தைக் காட்டிலும் நேரேற் றத்தையே கூடுதலாகக் காவுகின்றபடியால், அது, பொது வாக, நேர்த்தியான காலநிலைக் கடத்தல் ஓட்டத்தின் அதேதிசையில் பாய்கின்றது எனத் தோற்றும். இடி மின்னலோடு கூடிய புயல்களிடத்து இவ்வோட்டம் சில வேளைகளில் 2×10^{-11} அம்./செக். போன்ற அத்துணை உயர் பெறுமானங்களை அடையும். இத்தகைய புயலில்

மழையாற் காவப்படும் முழு மேற்காவுகையோட்டமானது 0·1 அம். ஐ மீறலாம். இவ்வண்ணம் மழையேற்றத்தைக் குறித்துப் புவிக்குக் காவப்படும் நேரேற்ற மிகையை நம்பத் தக்க அளவில் மதிப்பிடுமுன், அயன பிரதேசங்களிலும் மத்தியகோட்டுப் பிரதேசங்களிலும் இன்னும் கூடுதலாக நோக்கல்களை எடுத்தாக வேண்டும்.

29. புள்ளி இறக்கங்களாலாகும் ஓட்டங்கள். போதிய வன்மையுடைய புலமொன்றிலே கூரிய முனையுள்ள கடத்தியொன்று வைக்கப்பட்டிருக்குமிடத்து, அதில் மின்னொளிர்வு, அதாவது துடைபபவிறக்கம் உண்டாகின்றது என்னுஞ் செய்தி நன்கு தெரிந்ததொன்றாகும். இது புள்ளியிலுள்ள ஏற்றத்தின் அதே குறியையுடைய அயன்கள் கொண்ட அருவியொன்றாலானது. எனவே, கடத்திகள் புவிமீது திறந்து வைக்கப்பட்டிருந்தால், அழுத்தப் படித்திறனும் கடத்திகளினது முனைகளின் உயரங்களும் கூர்மையும் போதியதாயிருக்குமிடத்து அம்முனைகளில் இத்தகைய இறக்கங்களை எதிர்பார்த்தல் வேண்டும். உண்மைகூறுமிடத்து இத்துறையில் முதன்முதல் ஆராய்ச்சி நடாத்திய பிராங்கிளின், டலிபாட், லெமொனியர் ஆகியோர் (Franklin, Dalibard, Lemonnier) உயரத்திலுள்ள உலோகக் கோல்களிலிருந்தும், பட்டங்களிலிருந்தும் பாயும் இவ்வோட்டத்தால் இடிமுழக்கக் காலநிலையிலும் நேர்த்தியான காலநிலையிலுமுள்ள மின்புலங்களை உணர்ந்துள்ளனர். இடிமுழக்க மேகங்களை நோக்கிநிற்கும் மலையுச்சிகளும் கப்பல்களின் பாய்மரங்களும் தரும் பொருத்தமான சூழலில் கிடைக்கும் ஒளிர்வு இறக்கமானது மிகு தெளிவாகக் காட்சியளிக்கலாம் (செயின்ற் எல்மோவின் தீ).

புவிக்கும் வளிமண்டலத்திற்குமிடையேயுள்ள மின்னேற்ற இடைமாற்றில் இன்னும் சிறிய செறிவுடைய **புள்ளி** இறக்கவோட்டங்கள் முக்கியமான பங்கொன்றைக்

கொள்ளல் வேண்டும் என முதன் முதலாகக் காட்டினவர் சி. ரி. ஆர். வில்சன்[9] என்பவரே. புற்றரைகள் உட்பட மரங்கள், குத்துச் செடிகள், வீட்டுக்கூரைகள் போன்ற திறந்து வைக்கப்பட்டிருக்கும் கடத்திகளிலிருந்து உணரத்தக்க ஓட்டங்கள் இறக்கப்படும் அளவிற்கு மழைப்புயலின் போதும் இடிமின்னலோடு கூடிய புயலின்போதும் (மின்) புலங்கள் அடிக்கடி, போதியவளவில் உயர்வாயிருக்கும். கடத்தியொன்று, இறக்கியாகத் தொழிற்படத் தொடங்கும் பொருட்டுக் கூர் முனையுடையதாகவோ பேர் உயரம்வரை நீட்டியிருக்க வேண்டும் என்றே கட்டாயம் இல்லை. எடுத்துக்காட்டாக, 1 சமீ. ஆரையுடையதும் புவியோடிணைக்கப் பட்டதுமான கோளமொன்று அருவழக்கானதல்லாத 10,000 வோ./மீ. புலத்தில், 3மீ. மட்டும் உயர்த்தப் பட்டிருந்தாற்றான், அதன் பரப்பில் மின்செறிவானது துடைப்பவிறக்கம் தொடங்கும் அவதிநிலைப் பெறுமான மான 30,000 வோ./மீ. ஐ அடையும். இந்நூலாசிரியரால் நடாத்தப்பட்ட சில பரிசோதனைகள், மேற்படி கருத்தை மெய்ப்பித்துக்காட்டும் நடைமுறை எடுத்துக்காட்டொன்றாகும்; அப்பரிசோதனைகளில் 4மீ. உயரமான சிறு மரமொன்று, அடியில் வெட்டப்பட்டு, காவலிகள் மீது ஏற்றப்பட்டு, கல்வனோமானியொன்று வழியாகப் புவியோடிணைக்கப்பட்டிருந்தது. மரம் அயலிலுள்ள இடிமின்னலோடு கூடிய புயல்களாலாகும் புலங்களிற்குத் திறந்து வைக்கப்பட்டிருந்தபோது கிடைத்த சராசரிப் புள்ளியிறக்க ஓட்டங்கள் கீழே தரப்பட்டுள்ளன :[10]

அட்டவணை IV

சிறு மரமொன்றிலிருந்து கிடைத்த புள்ளியிறக்க ஓட்டங்கள் (ஷொன்லந்து)

(வோல்ற்று/மீ. இல்) புலம்		(மைக்கிரோ அம்பியரில்) ஓட்டம்
— 3,500	..	0·07
— 5,500	..	0·20
— 11,000	..	1·00
— 16,000	..	4·00

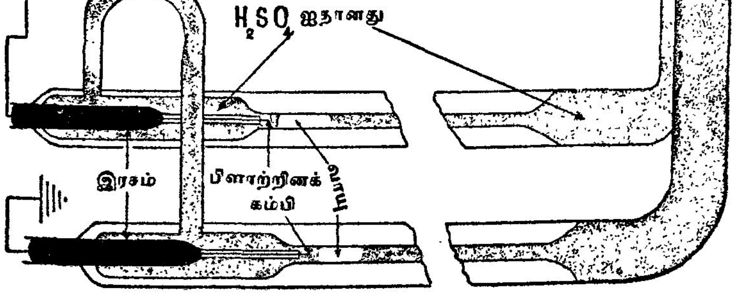
புவிக்கும் இடிமுழக்க மேகமொன்றிற்குமிடையே பாயும் முழு ஓட்டத்தைப் பெறும்பொருட்டு, இதுபோன்ற தனி மரமொன்றால் அளிக்கப்படும் பங்கை மிகமிகப் பெரிய காரணியொன்றாற் பெருக்கவேண்டும். இங்கே தரப்பட்ட எடுத்துக்காட்டிலே பயன்படுத்தப்பட்ட மரமானது, அதனது சுற்றுடலில், பல மைல்வரை, திறந்துவைக்கப்பட்டிருந்த, இயற்கைக் கடத்திகளின் வகைமாதிரியானது. மேகத்தால் பாதிக்கப்பட்ட பிரதேசமீது பருமட்டான பரப்புத்தொகையீட்டைச் செய்தபோது, முழுப் புள்ளியிறக்க விளைவானது மேன்முகத் திசையில், 2 அம். பருமன் வரிசையில் இருந்தது எனக் காணப்பட்டது.

குழம்பிய காலநிலையுடன் தொடர்புள்ள பெரிய புலங்களின் திசையும் பருமனும் உணரத்தக்கவளவில் மாறுகின்றபடியால், நீண்டகாலமாகத், திறந்து வைக்கப்பட்டிருக்கும் புள்ளியொன்றிலிருந்து இறக்கப்படும் நேரேற்றங்கள், மறையேற்றங்கள் ஆகியவற்றின் தொடர்பளவுகளைத் தெரிந்திருத்தல் இன்றியமையாததாகும். வோர்மல்[11] (Wormell) என்பவரின் நோக்கற்றொடரொன்றிலே, கம்பமொன்றின் முடியில் காவலிகளாற் காவப்பட்ட கூர் முனையொன்றானது வடமொன்றால் ஐதான சல்பூரிக்கமிலம் நிரப்பிய வோல்ற்றுமானியின் மின்

வாயொன்றுடன் தொடுக்கப்பட்டிருந்தது ; மற்ற மின்வாய் புவியோடிணைக்கப்பட்டிருந்தது. பயன்படுத்திய வோல்ற்றுமானியானது சில அற்ப ஆனால் குறிப்பிடத்தக்க விவரங்கள் நீக்கப்பட்டு, படம் 9 இல் காட்டப்பட்டிருக்கிறது. அது (விட்டம் 0·8 மீ மீ.) கொண்ட நுண்மயிர்த்துளைக் குழாயால் ஆக்கப்பட்டுள்ளது. வெளிப்படும் வாயுக்கள் புறம்பு புறம்பாகச் சேர்க்கப்பட்டுள்ளன. அவ்வாயுக்களின் கனவளவுகள் ஆக்கப்பட்ட குமிழிகளின் நீளங்களைக் கொண்டு கணிக்கப்பட்டுள்ளன. முறையே புவியோடிணைக்கப்பட்ட மின்வாயிலும் புள்ளிதொடுக்கப்பட்ட மின்வாயிலும் சேர்க்கப்பட்ட கலவன் வாயுக்களின் கனவளவுகள் v_1 உம் v_2 உம் எனின், புள்ளியிலிருந்து முறையே இறக்கப்பட்ட நேர்மின், மறைமின் ஆகிய q_1, q_2 என்பவற்றைத் தனித்தனியே கீழ்வருமாறு துணிய முடியும். மின்னியலில், ஓர் அலகு மின்கணியத்தால் c க. சமீ. ஒட்சிசனும் $2c$ க. சமீ. ஐதரசனும் வெளிப்படுத்தப்பட்டால்,

$$q_1c + 2q_2c = v_1 \quad \text{எனவும்} \quad 2q_1c + q_2c = v_2$$

எனவும் பெறுவோம். இச்சமன்பாடுகளிலிருந்து q_1 ஐயும் q_2 ஐயும் துணியலாம்.



படம் 9. (வோர்மலின்) நீர் மைக்கிரோ வோல்ற்றுமானி.

இவ்வண்ணம் இறக்கப்பட்ட மின் ஊணியங்கள் வோர்மலால் கேம்பிரிட்சில் மூன்று வருடகாலம் ஆராயப்பட்டுள்ளன. இவருடைய சில நோக்கங்கள் அட்டவணை 5 இல் எடுத்துக் காட்டப்பட்டிருக்கின்றன.

ஒவ்வோர் ஆண்டிலும் இறக்கியிலிருந்து கருதத்தக் களவு தேறிய நேர்மின் நட்டம் இருந்தது எனக் காணப் பட்டுள்ளது.

147 படிவுவீழ்முறை சேர்ந்த வெவ்வேறு குழம்பிய காலநிலைப் பருவங்களில், 103 மேண்முகவோட்ட (நேரிறக்க) மிகையையும், 34 கீழ்முகவோட்ட (மறையிறக்க) மிகை யையும், 10 தேறிய பூச்சிய இறக்கத்தையும் காட்டியுள் ளன. குழம்பிய காலநிலையின்போது மறைபமூத்தப் படித்திறன்கள் விஞ்சியிருக்கின்றபடியால் இச்செய்தி, எதிர் பார்த்தற்பாலது. இவைபோன்ற அளவீடுகள் உலகின் மற்றப் பகுதிகளிலும் எடுக்கப்பட்டுள்ளன (§ 30).

அட்டவணை V

புள்ளி இறக்கத்தின் தொகையிட்ட விளைவுகள் (வோர்மல்)

ஆண்டு	1927	1928	1929
கூலோமில, இறக்கப்பட்ட நேர்மின q_1	0·28	0·24	—
கூலோமில், இறக்கப்பட்ட மறைமின் q_2	0·14	0·11	—
கூலோமில், தேறிய நேர் மின்னிறக்கம் $q_1 - q_2$	0·14	0·13	0·11

30. புவிக்கும் வளிமண்டலத்திற்குமிடையே மின்னின் இடை மாற்று; புவியினது ஏற்றத்தைப் பேணுதல். மறை யேற்றம் பெற்ற புவியும், வளிமண்டலத்தில் நேரேற்றம்

பெற்ற மேற்படைகளும் கோளவொடுக்கியொன்றின் இரு தட்டுக்கள்போல் விளங்கும் ; அவ்வொடுக்கியிற் கீழ்ப்பகுதியிலுள்ள வளியானது மின்னுழையமாகும். தட்டுக்களுக்கிடையேயுள்ள கடத்தாறுனது சிறிதாயுள்ள போதிலும், பிரயோகிக்கப்படும் அழுத்த வித்தியாசம் போதிய வளவில் பெரிதாயிருக்கிறபடியால், வளியில் ஏற்றப் பொசிவானது பெரிதும் கணிசமானது. புவிப்பரப்பில், அலகுப் பரப்பொன்றிலுள்ள ஏற்றத்தின் சராசரிப் பெறுமானம் 9×10^{-14} கூலோம்/ச. சமீ. உம் நேர்த்தியான காலநிலைக் கடத்தலோட்டத்தினது 2×10^{-16} அம்./சமீ. உம் ஆகும். இத்தகைய ஒடுக்கியொன்று அதன்பாட்டில் விடப்பட்டிருந்தால், அது உள்ளிறக்கத்தால், 10நி. வரிசையின்பாற்படும் நேரத்தில், இறக்கப்பட்டுவிடும். அதுவுமேயல்லாமல், படிதலால் புவிககு வழங்கப்படும் தேறிய ஏற்றமானது மொத்தத்தில் நேர்க்குறியுடையது எனக் காட்டப்பட்டிருக்கின்றபடியால், புவியின் ஏற்றச் செலவுக்கு நேர்த்தியான காலநிலையோட்டத்தோடு மழையாலும் மழைப்பனியாலும் ஆகின்ற விளைவும் காரணமாகும். எனவே, முழுப் புவிப்பரப்புமீதுள்ளதும் 1000 அம். பெறுமானமுடையதுமான கடத்தலோட்டத்துடன் அவ்வோட்டத்தின் அதே திசையிலுள்ள படிவுவீழ்முறை ஓட்டமொன்றையும் சேர்த்தல் வேண்டும். இப்படிவுவீழ்முறை ஓட்டமானது 400 அம். ஆகும் என விகண்ட்[12] என்பவரால் மதிப்பிடப்பட்டுள்ளது. இருந்தாலும், இத்தகைய மதிப்பீடொன்று தற்பொழுதைக்கானதொன்றுகவே எம்மால் கருதமுடியும். எனவே, மொத்தமாகப பெறுமானம் 1400 அம். கொண்ட ஓட்டமொன்று, புவிகொண்டுள்ள 500,000 கூலோம் ஏற்றத்தைச் செலவாக்க முயலுகின்றது.

மேற்படி இரு காரணிகளும் தொடர்ந்து செயலாற்றிய போதிலும் புவியின் ஏற்றம் கிட்டத்தட்ட மாறுதிருக்கின்றது ; எனவே, அவ்வோட்டங்களாலாகும் விளைவை நடு

நிலையாக்கும் ஏதேனுமொரு புறமாற்று அல்லது ஈடு செய்முறை இருத்தல் வேண்டும் என்பது தெளிவு. ஏதேனுமொருமுதல் தொடர்ந்து செயலாற்றி, புவியிலும் மேல்வெளியிலுமுள்ள ஏற்றங்களைக் குறைநிரப்புகின்றது. இக்குறைநிரப்பும் முதலைக் கண்டுபிடித்தல் வளிமண்டல மின்னியலின் முதன்மையான பிரச்சினைகளுள் ஒன்றாக உளது. அதையிட்டுப் பல பிரேரணைகள் சமர்ப்பிக்கப் பட்டுள்ளன.

குழம்பிய காலநிலைப் பிரதேசங்களிலேயே நாம் குறை நிரப்புமுறையை நாடவேண்டும் எனவும், மழையின் போதும் இடிமுழக்க மேகங்களுக்குக் கீழேயும் அழுத்தப் படித்திறனானது அடிக்கடி வழக்கமான திசைக்கு நேர் மாறாக இருக்குமாறு செய்யப்படுகின்றபடியால், புவிக்குக் கருதத்தக்க அளவில் மறையேற்றங்களை வழங்கும் முறைகள் இரண்டு உள எனவும், சி. ரி. ஆர். வில்சன்[13] என்பவராலேயே முதன்முதலில் பிரேரிக்கப்பட்டுள்ளது. இம்முறைகளுள் ஒன்று நிலத்திலிருந்து நீட்டியிருக்கும் கடத்திகளால் ஆக்கப்படும் புள்ளியிறக்கமே. இது ஏற்கெனவே எடுத்துரைக்கப்பட்டிருக்கின்றது. அது முதன்மை வாய்ந்தது எனப் பரிசோதனைகளால் காட்டப்பட்டுள்ளது. இரண்டாவது முறையானது மின்னற் பளிச்சீட்டால் இடிமுழக்க மேகங்களிலிருந்து புவிக்குக் காவப்படும் ஏற்றமாகும். செக்கனொவ்வொன்றிலும், புவியின் முழுப் பரப்பில், கிட்டத்தட்ட 100 மின்னலிறக்கங்கள் நிகழ்கின்றன எனவும் அவ்வொவ்வொன்றிலும் 30 கூலோம் அளவில் ஏற்றம் கடத்தப்படுகின்றது எனவும், அதிகாரம் III இல் எடுத்துக்காட்டப்படும். இம்மின்னலிறக்கங்களுள் ஒருபங்கு மட்டுமே நிலத்தில் படும்; அது சராசரியாக நான்கில் ஒன்று ஆகலாம். எவ்வளவில் இவ்வேற்ற விடமாற்றமானது பயன்படும் என்பது குறியொன்றுடைய ஏற்றங்களைக் காட்டிலும் மற்றைய குறியை உடையவை கூடுதலாகப் புவிக்குக் காவப்படுவதில் தங்கியுள்ளது.

எடுத்துக்காட்டாக, இடமாற்றுற்ற எல்லா ஏற்றங்களும் கிட்டத்தட்ட மறையாக இருந்தால், இம்முறையானது கிட்டத்தட்ட 500 அம். தொடர்ந்த ஈடுசெய்யோட்டத்துக்கு ஒத்ததாக இருக்கும். இக்கருத்தை மெய்ப்பித்துக்காட்டும் சான்றுகள், பல பிரதேசங்களிலிருந்தும் கிடைத்திருக்கின்ற போதிலும், இப்பிரச்சினை இன்னும் ஆராயப்பட்டுக் கொண்டே வருகின்றது (§ 33).

அவரது புள்ளியிறக்க அளவீடுகள், மின்னலிறக்க நோக்கல்கள் ஆகியவற்றின் அடிப்படையில், இங்கிலாந்து நாட்டில், கேம்பிரிட்சில், ஒரு சதுர கிலோமீற்றர் நிலத்துக்கான ஆண்டு மின் "ஐந்தொகை"யானது வோர்மல் என்பவரால் மதிப்பிடப்பட்டிருக்கிறது[11]. வளி–புவி கடத்தலோட்ட நட்டமும், மழை, மழைப்பனி ஆகியவற்றாலாகும் விளைவும் முறையே அவ்வக் கணியங்களின் சராசரிப் பெறுமானங்களிலிருந்து மதிப்பிடப்பட்டுள்ளன. கிடைத்த பேறுகள் கீழ்வருமாறு :

		கூலோம்/ச.கிமீ./ ஆண்டு.
இயற்கைப் புள்ளியிறக்கத்தாலான நயம் ..	—	100
மின்னலாலான நயம் ..	—	20
வளிமண்டலக் கடத்தலாலான நட்டம் ..	—	60
படிதலாலான நட்டம்	—	20
தேறிய மறையேற்ற நட்டம் ..	—	40

இத்தகைய மதிப்பீடு மிகவும் பருமட்டமாக இருக்கிற போதிலும், கருதப்படும் பிரதேசத்தில் மேற்படி நான்கு முறைகளும் ஒரு வேளை தம்முட் சமநிலையை உண்டாக்கக் கூடும் ; புவியானது மறையேற்றமொன்றைப் பெறுவதும் நிகழக்கூடும்.

இவைபோன்ற அளவீடுகள் கியூ நோக்கு நிலையம், தராம், பிறித்தோறியா ஆகிய இடங்களிலும் நைஜீரியா

நாட்டிலும் எடுக்கப்பட்டுள்ளன ; அவை மேற்படி பேறு களை ஆதரிப்பதோடு அவற்றை விரிவாக்கியும் உள்ளன.

சமுத்திரங்களுக்கு மேலே இடிமின்னலோடு கூடிய புயல்கள் அருமையாகவே நிகழ்வன ; மேலும் அங்கு ஏற்றத்திலுள்ள புள்ளிகளும் இல்லை ; எனவே அவ்விடங்க ளில் ஐந்தொகையில் தேறிய மறையேற்ற நட்டமொன்றை எதிர்பார்க்கலாமாதலால் முழுக் கோளத்தையும் கருது மிடத்து அண்ணளவான சமநிலை நிறுவப்பட்டிருக்கலாம்.

வில்சனின் இந்த யோசனையின்படி மஞ்சு மேகங்களின் அடிகள், பொழிவுகள், இடிமின்னலோடு கூடிய புயல்கள் ஆகியவற்றிற்கும் நிலத்துக்குமிடையே நிகழும் மின்னிடை மாற்று மட்டுமல்லாமல் இன்னும் சில இடம்பெறு கின்றன. மேற்படி மேகங்கள், மேல் வளிக்கு மறையேற்றம் வழங்குவதில் (சமவளவில்) தொழிற்படும் எனவும் அவர் கருதினார். அண்மைக்காலத்திலே, இடிமுழக்க மேகங்களுக்கு மேலே, மிகவும் உயரப் பறந்தபோது எடுக்கப்பட்ட நோக்கல்கள் இம்மேன்முகவோட்டம் உளது என உறுதிப்படுத்துகின்றன. கிசும் வெயிற்றும்[14] (Gish and Wait) மின்புலத்தையும் வளியின் கடத் தாறையும் அளந்து, எதிர்பார்த்த திசையில் 0·8 அம். சராசரியான ஓட்டம் பாய்கின்றது எனக் காட்டியுள்ளனர். எனவே இம் மேகவகையானது நேரேற்றத்தைப் புவியிலி ருந்து எடுத்து அதை மேலேயுள்ள வளிமண்டலத் தின் கடத்தும் படைகளுக்கு வழங்கும் மின் பிறப்பாக்கி யாகத் தொழிற்படுகின்றது ; அவ்வாறு வழங்கப்படும் மின்னானது, நட்டங்கள் இருக்கின்றபோதிலும், மேற்படி அடுக்குகள் 4×10^5 வோ. மாறு அழுத்தத்தில் பேணப் பட்டிருக்கும் வண்ணம் அங்கு விரைவில் பரப்பப்படும்.

ஆகவே, புவியில், இடிமின்னலோடு கூடிய புயல் வட்டா ரங்கள் உயர்வாற்றலுடன் தொழிற்படுமிடத்து அழுத்த வித்தியாசம், எனவே அழுத்தப்படித்திறனும் உயர்வாக

இருத்தல் வேண்டும் என எதிர்பார்க்கப்படும், படித்திறனில் மௌக்லி (Mauchly) (§19) என்பவரால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ள நாள் மாறலானது அவத்தையில் புவிமீதுள்ள இடிமின்னலோடு கூடிய உயிர்ப்புடன் ஒத்திருத்தல் வேண்டும். இது உண்மையென விப்பிள்[15] (Whipple) என்பார் காட்டியுள்ளார். உலகிலுள்ள இடிமின்னலோடு கூடிய புயல்களின் நாள்மாறல் விப்பிளால் சோதிக்கப்பட்டுக் கிடைத்த பேற்றை படம் 6 (b) யின் அடியில் தரப்பட்டுள்ள வரைபு எடுத்துக்காட்டுகின்றது ; அங்கு, மேற்படி நாள் மாறலும், சமுத்திரங்களுக்கும் முனைவுப் பிரதேசங்களுக்கும் மேலேயுள்ள அழுத்தப் படித்திறன் மாறலும் பெருமளவில் ஒத்திருக்கின்றன எனக் காணப்படும்.

வில்சனின் குறைநிரப்புக் கொள்கையானது பெருமளவில் சரிபோல் தோற்றுகின்றது என மேலே ஆராயப்பட்டுள்ள சான்றுகள் காட்டுகின்றபோதிலும், அக்கொள்கையை நிலைநாட்டற் பொருட்டு உலகின் வெவ்வேறு பாகங்களில் இன்னும் கூடுதலாக அளவறிதற்குரிய அளவீடுகளை எடுத்தல் இன்றியமையாதது என நாம் ஒத்துக் கொள்ளல் வேண்டும்.

பிறெங்கல்[16] (Frenkel) என்பார் வில்சனின் கருத்துக்களை ஓரளவு புரட்சிகரமானமுறையில் விரிவாக்கிப் பிரேரித்துள்ளார் ; அவர் கருத்தின்படி, புவிக்கும் மேல்வளிக்குமிடையே, நேர்த்தியான காலநிலையோட்டத்தின் திசைக்கு எதிரான திசையிலேயுள்ள மின்னசைவுக்கு முக்கியமான காரணமாயிருக்கின்ற பிறப்பாக்கிகள் இடிமின்னலோடு கூடிய புயல்களன்று, அவை சாதாரண முகில்களே எனப் பிரேரிக்கப்பட்டது. இக்கொள்கையின்படி, எல்லா மூடுபனி போன்ற முகில்களினதும் மேற்பாகங்களில் நேரேற்றமும், அவற்றின் கீழ்ப்பாகங்களில் மறையேற்றமும் (§ 44) காவப்படுகின்றபடியால், நேர்த்தியான காலநிலையோட்டத்திற்கு

எதிரான கடத்தலோட்டமொன்று உண்டுபண்ணப்படுகின்றது. இம்முகிற்றுவிமுனைவுகளாலாகும் புலங்களால் புவியின் தொலைவான, "சலனமற்ற வானில்" அவதானித்த மறையேற்றங்களையும் அவற்றிற்கு மேலேயுள்ள நேரேற்றங்களையும் தூண்டவும் பேணவும் முடியும் என்பதே பிறெங்கலின் கருத்தாகும் ; புவியின் பரப்புக்கு மேலே எந்தக் கணத்திலும் இத்தகைய துவிமுனைவுகளின் எண் ஓர் இலட்சம்போல் இருக்கும் என மதிப்பிடப்பட்டுள்ளது.

எனினும், சாதாரண மூடுபனிபோன்ற முகில்களுக்குக் கீழே மிகைப்படுத்தப்பட்டிருக்கும் புலங்கள் வளியினது கடத்தாறில் உண்டான மாறலால் ஆகின்றது எனவும், அவை பொதுவாக நேர்த் திசையில் உள்ளன எனவும், § 24 இல் காட்டப்பட்டிருக்கிறது. இத்தகைய முகில்கள் மழை கொட்டும் பொழிவு முகில்களாக இராவிட்டால், பிறெங்கலின் கொள்கையால் வேண்டப்படும் நேர்மாறுக்கப்பட்ட மின்புல வகையைத் தரமாட்டா (§ 45).

ஆராய்ச்சிக் கட்டுரை மேற்கோள்கள்

[1] R. E. Watson, *Met. Office Geophys. Memoir,* No. 45 (1929).

[2] D. J. Malan and B. F. J. Schonland; *Proc. Phys. Soc.* B. **43,** p. 402 (1950).

[3] F. J. Whipple, *Quart.* Fourn. *Roy. Met. Soc.,* 55, p. 351 (1929).

[4] S. J. Mauchly, *Terr. Mag.,* 28, p. 61 (1923).

[5] F. Scrase. *Met. Office Geophys. Memoir,* 67 (1935).

[6] A. Hogg, *Mem. Comm. Solar. Obs., Canberra,* 7 (1939).

[7] A. Wigand, *Phys. Zeit,* 26, p. 81 (1925).

[8] O. H. Gish, *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity* (ed. J. A. Fleming), Chap. IV, New York, Dove Publications (1949).

[9] C. T. R. Wilson, *Proc. Phys. Soc.* 37 p. *32 d* (1925).

[10] B. F. J. Schonland, *Proc. Roy. Soc* A 118, P. 252 (1928).

[11] T. W. Wormell, *ibid.,* A, 115, p. 443 (1927); 117, p. 567 (1929).

[12] A. Wigand *Ann. d. Physik* 66, p. 81. (1921).

[13] C. T. R. Wilson, *The observatory,* 44 (1922).

[14] O. H. Gish and G. R. Wait *Fourn. Geophys. Res.,* 55, p. 473 (1950).

[15] F. J. Whipple, *Quart. Fourn Roy. Met. Soc.* 55. p. 1 (1929).

[16] J. Frenkel (*a*) *Fourn Franklin Inst.* 243 p. 287 (1947); (b) *Ac. Sc. U. S. S. R., Journ. of Physics,* 8, p. 285 (1944).

அதிகாரம் III

இடிமுழக்கமேகங்களின் மின்னேற்றுதல்

31. புவிக்கு மேலேயுள்ள இடிமின்னற் புயல்களின் எண்ணிக்கை. ஒப்பிட்டுப்பார்க்குமிடத்து நடு வெப்பநிலை மண்டலத்திலுள்ள ஏதேனுமொரு நிலையத்தில் இடி மின்னற் புயலானது அரிய நிகழ்ச்சியாக இருக்கின்ற போதிலும், மொத்தமாகத் தினமும் புவியில் உண்டாகும் இடிமின்னற் புயல்களின் எண்ணிக்கை மிகப் பெரிதே. ஒப்பிட்டுப்பார்க்கில் எல்லேப்பட்ட நாடாகிய பிரான்சிலுங்கூட, ஆண்டொன்றில் ஒரு சில நாட்களில் மட்டுமேதான் அந் நாட்டின் ஏதேனுமொரு பகுதியில் இடிமுழக்கமில்லை என்னுஞ் செய்தி எமக்குக் கிடைக்கின்றது. புவியிலே ஆண்டொன்றில் 16,000,000 அல்லது நாளொன்றில் 44,000 இடிமின்னற் புயல்கள் உண்டாகின்றன எனப் புறூக்ஸ் (Brookes)[1] என்பார் மதிப்பிட்டிருக்கின்ருர். தனிப் புயலொன்றின் சராசரி ஆயுட் காலம் ஒரு மணி என்று எடுத்துக்கொண்டால், எந்தக் கணமொன்றி லும், புவியின் எல்லாப் பாகங்களிலும், நடைபெற்றுக் கொண்டிருக்கும் இடிமின்னற் புயல்களின் சராசரித் தொகை 1,800 ஆகும். § 19 இலுள்ள படம் 6 இல் காட்டியுள்ளவாறு, புவிமுற்றிலும் இடிமின்னற் புயற்றெழிற்பாடானது ஞாயிற்றின் நிலையைக் குறித்து ஒழுங்கான முறையில் மாறுகின்றது ; பூமத்திய ஆபிரிக்காவில் பிற்பகற் புயல்கள் முடிவடைகிற நேரத்திலும் பூமத்திய அமெரிக்காவின் புயல்கள் தொடங்குகின்ற நேரத்திலும் அத்தொழிற்பாடு உயர்வடை கிறது. செக்கனெவ்வொன்றிலும் 100 அல்லது மணித் தியாலமொவ்வொன்றிலும் 360,000 என்றவாறு, மின் னற் பளிச்சீடுகள் நிகழ்கின்றன எனப் புறூக்ஸ் மதிப் பிட்டிருக்கின்ருர்.

புவியில் இடிமுழக்கம் மிகுந்த பிரதேசம் யாவாத் தீவே ; அங்கு யாதுமோரிடத்திலே, ஆண்டொன்றில், 61 சதவீத நாட்களில், இடிமுழக்கம் கேட்கப்படும். இச் சதவீதமானது கருதப்படும் இடத்தின் சமவிடியி மட்டம் எனப்படும் ; அது மத்திய ஆபிரிக்காவிற் சில பாகங்களில் 41 ஆகவும் தென் மெச்சிக்கோவிலும் பனமாவிலும் 39 இலிருந்து 37 வரையும், பிரேசிலில் 29 ஆகவும், மதகஸ்க்காரில் 26 ஆகவும் இருக்கும். வட அமெரிக்காவில், சமவிடியி மட்டமானது தென் கனடாவில் இருக்கும் 3 சதவீதத்திலிருந்து புளோரிடாவிலிருக்கும் 25 சதவீதம் வரை உயர்கின்றது. கலிபோனியாக் கடற்கரையோரத்தில் அது கிட்டத்தட்ட 1 சதவீதம் ஆகும்.

ஐரோப்பாவின் பெரும்பாலான பகுதியில், ஆண்டொன்றில் சராசரியாகக் கிட்டத்தட்ட 11 நாடகள் இடிமுழக்கம் கேட்கப்படும். அல்ப்ஸ் மலைத்தொடரின் அயலில் அத்தகைய நாட்களின் தொகை 18 இற்கு வந்துவிடும். தென் ஆபிரிக்காவைச் சேர்ந்த யோகானஸ்பபேக்கில் இவ் வெண்ணிக்கை ஆண்டொன்றுக்கு 50–60 நாள் ஆகும். இவ்வெண்ணிக்கைகளைப் பயன்படுத்துமிடத்து, இடிமுழக்க நாட்களில், கிட்டத்தட்ட 7 இன் 1 இல், செவிப்புலனுக்கு எட்டும் தூரத்துள், ஒன்றிற்கு மேற்பட்ட புயல்கள் தொழிற்படும் என்னுஞ் செய்தியைக் கணக்கில் சேர்த்தல் வேண்டும்.

பிரேசில், தென் ஆபிரிக்கா ஆகிய நாடுகளின் தென்கிழக்குக் கரையோரங்களையும் மதகஸ்க்கார் கரையையும் கீழ் இந்தியத் தீவுகளைச் சூழ்ந்திருக்கும் கடல்களையும் தவிர்த்தால், சமுத்திரங்களுக்கு மேலே இடிமின்னற் புயல்கள் அரிதேயெனக் காணலாம்.

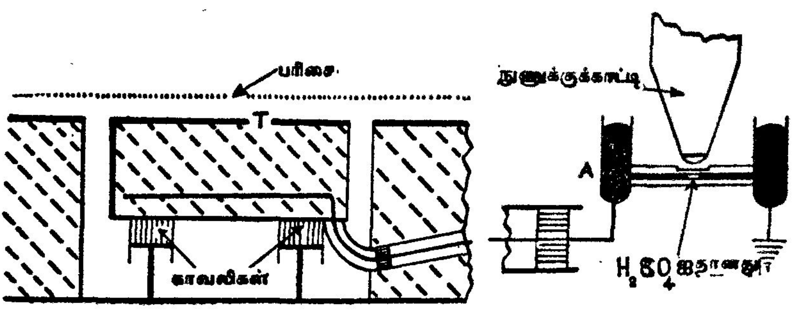
32. இடிமுழக்க மேகங்களின் மின் புலங்களை அளப்பதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் முறைகள். (*a*) மயிர்த்துளை மின்மானி முறை. புகழ்வாய்ந்த அவரது இடிமின்னற்

புயலாராய்ச்சிகளையிட்டே இம்முறை, சி. ரி. ஆர். வில்சன்[2] என்பவரால் திட்டமிடப்பட்டுள்ளது ; அது வோர்மெல்[3] என்பவராலும் இந்நூலாசிரியராலும்[4] பயன்படுத்தப் பட்டுள்ளது. இம்முறையின் பொதுக் கோட்பாடானது நேர்த்தியான காலநிலைப் புலத்தின் ஆய்வுக்கெனப் பயன் படுத்தபபடும் சோதனைத் தட்டு அல்லது தூண்டியவேற்ற முறையினதைப் போன்றதே (§ 14) ; அங்கு ஈடுசெய்யு மொடுக்கியொன்றின் கொள்ளளவை மாற்றுவதைக் கொண்டு, திறந்து வைக்கப்பட்டிருக்கும் கடத்தியொன்று, பூச்சிய அழுத்தத்திற் பேணப்பட்டிருக்கும் ; அந்நிலையில் புலத்தால் கடத்திமீது தூண்டப்பட்டிருக்கும் ஏற்றமானது ஈடுசெய்யுமொடுக்கியால் தொகுதிக்கு வழங்கப்படும் ஏற்றத்துக்குச் சமனுக இருக்கும். ஆனாலும், விரைவாக மாறுந்தன்மையுடைய இடிமின்னற்புயற் புலங்களை அளக் குமிடத்து, திறமைவாய்ந்த மயிற்றுளை மின்மானி வகையொன்று வெளித்தூண்டலின்றித் தானாகவும் மிகு விரைவாகவும் மேற்படி ஈடுசெய்தலை நடைபெறச் செய்கிறது. படம் 10 இல் காட்டியுள்ளவாறு, இக்கருவியில் ஒடுங்கிய மயிர்த்துளைக் குழாயொன்றிலே, இரண்டு இரச விழைகளுக்கிடையே அடைபட்டுக்கிடக்கின்றதும் ஐதான சல்பூரிக்கமிலத்தாலானதுமான சிறு குமிழியொன்று உளது. இழைகள் இரசங்கொண்ட முனைக்கிண்ணங்களுக்குச் செல்கின்றன. கிண்ணங்களுள் ஒன்ருகிய A யானது சோதனைத்தட்டு T யுடன் தொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றது ; அத்தட்டானது அதைச் சூழ்ந்திருக்கும் நிலத்துடன் மட்டமாக, ஆனால் அதிலிருந்தும் காவலிடப்பட்டு உளது. இரண்டாவது கிண்ணம் புவியோடிணைக்கப்பட்டுள்ளது. இரசத்துக்கும் கண்ணுடிக்குமிடையே, எங்கும், ஐதான அமிலத்தாலான மென்படலமொன்றுளது ; எனவே மின்னிரட்டையடுக்கொன்று இரசத்தைச் சூழ்ந்திருந்து மின்மானியின் ஒவ்வோர் அரையையும் இரட்டை யடுக்கின் அழுத்த வித்தியாசம்வரை ஏற்றம்பெற்ற

ஒடுக்கியொன்ருக இருக்குமாறு செய்யும்; அவ்வழுத்த வித்தியாசம் கிட்டத்தட்ட 0·90 வோ. ஆகும்; இங்கு இரசமானது அமிலத்தைக் குறித்து நேரேற்றம் பெற்ற தாக இருக்கும். தொகுதியின் இடக்கைப் பக்கத்தில் நேரேற்றமொன்று வழங்கப்பட்டால், இடக்கைப் பக்கத்து ஒடுக்கியிலுள்ள ஏற்றம் கூடும்; அவ்வேற்றத்தை ஏற்கும் பொருட்டு அமில-இரசப் பரப்பை, எனவே இடக்கை யொடுக்கியின் கொள்ளளவை, உயர்த்துமுகமாக இடக்கை யிழையானது ஒரு குறிப்பிட்ட தூரம் அசையும். இதற்கு ஒத்ததாக வலக்கையிழை அசைவதால் அப் பக்கத்தில் பரப்பளவு குறைந்து, மின்மானிக்கு முதலில் வழங்கப்பட்ட மின்கணியத்துக்குச் சரிசமஞன கணிய மொன்று புவிக்குச் செல்லும். மேற்படி அசைவு y யானது உட்சென்ற ஏற்றம் q வுடன்

$$q = 2\pi r C V'(1 - r/R)y,$$

என்னும் சமன்பாட்டால் தொடர்புபடுத்தப்பட்டிருக்கின்றது என எளிதில் காணலாம். இங்கு r, மயிர்த்துளையின்



படம் 10. இடிமின்னற்புயல்களாலாகும் மின் புலங்களை அளத்தல் (சி. ரி. ஆர். வில்சன்).

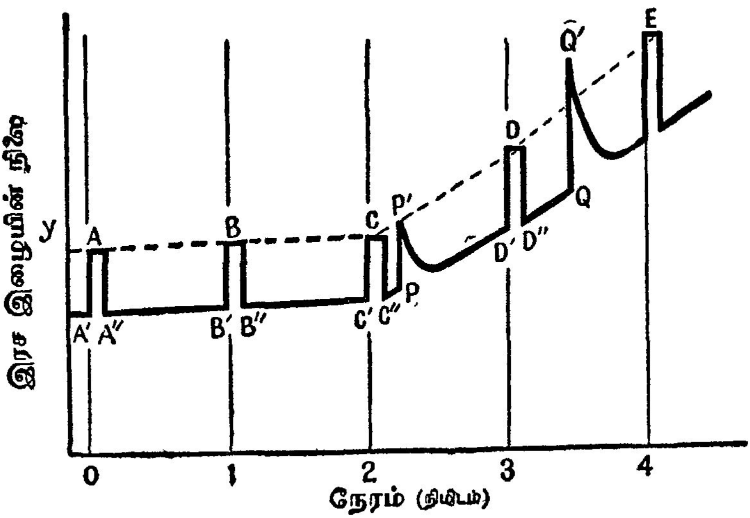
ஆரையும், R முனைக்குழாயினதும், V' அழுத்த வித்தியாசமும், C இரட்டையடுக்கில் அலகுப்பரப்பொன்றின் கொள்ளளவும் ஆகும். எனவே, $q = ky$, இங்கு k,

ஒரு கருவி மாறிலி. இதை, கருவிவழியாகத் தெரிந்த மின்கணியமொன்றை இறக்கித்துணிய முடியும். எனவே, இம்முறையில் அமிலக்குமிழியில், அசைவுக்கும் இறக்கப் பட்ட கணியத்துக்குமிடையே ஏகபரிமாணத் தொடர் பொன்று இடைக்கும். *C* யின் பெறுமானமானது கிட்டத்தட்ட 30 மைக்கிரோ பாரட்டு/ச. சமீ. ஆகும் ; அது அத்துணைப்பெரிதாக இருக்கின்றபோதிலும், மின் மானியானது மிகப்பெருமளவில் உணர்ச்சியுள்ளது.

குமிழியின் ஒரு முனைமீது குவியுமாறு செய்யப்பட்டிருக் கும் நுணுக்குக்காட்டியொன்றைப் பயன்படுத்தி, 10^{-9} கூலோம் என்ற வரிசையின்பாற்படும் கணியங்களை அளக்க லாம். பொருள்வில்லையின் குவியத்தளத்தில் பிளவொன் றையும் அசையும் ஒளிப்படத்தட்டொன்றையும் வைத்து நிரந்தரமான பதிவைச் சிறப்பாகப் பெறலாம்.

மின்மானியானது சோதனைத்தட்டொன்றுடன் தொடுக் கப்பட்டிருக்குமிடத்து, அது தானே தொழிற்பட்டு அத்தட் டைப் புவியழுத்தத்தில் நிலைநிறுத்துவதோடு வெளிப் புலம் தட்டிலுள்ள தூண்டிய ஏற்றங்கள் ஆகியவற்றின் மாறல் காரணமாகப் புவியிற்கோ புவியிலிருந்தோ செல்லும் மின்கணியங்களையும் பதிவுசெய்யும். இடி மின்னற்புயலொன்றின் போது இவ்வொழுங்குமுறை தரும் பதிவுவகையானது படம் 11 இல் தடித்த கோட் டால் எடுத்துக் காட்டப்பட்டுள்ளது. நிமிடமொவ்வொன் றினதுந் தொடக்கத்தில், புவியோடிணைக்கப்பட்டிருக்கும் மூடியொன்று சோதனைத்தட்டுக்கு மேலே ஒரு சில செக் கனுக்குக் கிடக்குமாறு செய்யப்படும் ; அப்பொழுது, தூண்டிய ஏற்றமானது புவிக்குப் பாய்ந்து மீளும் போதெல் லாம் A'AA", B'BB" முதலிய அசைவுகள் ஆக்கப்படும். தட்டுக்கும் வளிமண்டலத்துக்குமிடையே ஏற்றம் உண் மையாக இடமாருதவிடத்து, அதாவது கடத்தலோட்டமோ புள்ளியிறக்கமோ மழையால் ஏற்றப்பெயர்வோ

நிகழாதபோது, A, B, C, D, E ஆகிய புள்ளிகள் இடையான கோடொன்றிலே கிடக்கும். படத்திலே, முதல் 2 நிமிடங்களில் காணப்படும் சிறிய சரிவானது கடத்தலோட்டத்தால் மட்டுமே ஆனது, கடைசி இரு நிமிடங்களில், நேரேற்றம் பெற்ற மழைப் பொழிவினுலாகும் விளைவு காட்டப்பட்டிருக்கிறது. எடுத்துக்காட்டாக, மூன்ருவது நிமிடத்தில் மழையாலும் கடத்தலாலும் தட்டுக்கு வழங்கப்



படம் 11. இடிமின்னற்புயலொன்றின் போது மயிர்த்துளை மின்மானிப் பதிவு.

படும் ஏற்றமானது $k\,(y_D - y_C)$ யும், ஓட்டத்தின் சராசரிப் பெறுமானமானது ச. சமீ. இற்குக் $k(y_D - y_C)/60A$ யும் ஆகும்; இங்கு, A தட்டின் பரப்பளவும், k மின்மானியின் மாறிலியும் ஆகும். பதிவின்போது சோதனைத்தட்டானது கவசமிடப்பட்டிருக்கும் எந்த நேரத்திலும் கருவியின் அளவீட்டைப் புள்ளிகள் A, B, C, D, E என்பவற்றை இணைக்கும் கோடு தரும்; அக்கோடு புலத்தையும்

புலமாறல்களையும் அளத்தற்குப் பயன்படும் பூச்சியக் கோடாகும். எடுத்துக்காட்டாக முதல் நிமிடத்தின் முடிவிலுள்ள புலம்,

$$F = 4\pi k\,(y_B - y_{B'})/A.$$

மின்னற்பளிச்சீடுகளால் உண்டாக்கப்பட்டவைபோன்று பதிவில் ஏற்படும் இரு திடீர்க் குழப்பங்கள், P யிலும் Q விலும் எடுத்துக்காட்டப்பட்டுள்ளன. புள்ளியிட்ட கோட்டைப் பதிவானது P யில் திடீரெனத் தொடுகின்றது ; இது ஒரு கணநேரம் முற்றிலும் புலம் அழிக்கப்பட்டுள்ளது எனவும், தொடக்கத் தூண்டிய ஏற்றமானது மின்மானி வழியாகப் புவிக்குச் சென்றுவிட்டது எனவும் உணர்த்து கின்றது. Q வில், அசைவானது கோடிட்ட புள்ளியை மீறிவிடுகிறது ; மேலும், மின்னிறக்கத்தால் புல மானது உண்மையில் குறி நேர்மாறலுற்றுள்ளது என வும், தொடக்க வலிமையின் அரைப்பெறுமானத்தைப் புறமாற்றலுற்ற புலம் அடைந்துள்ளது எனவும், அச் செய்தி காட்டுகின்றது. இம்மின்னற் பளிச்சீடுகளின் செல வுக்கு உடனடியாக அடுத்துள்ள பதிவின் வடிவானது மீட்சிவளையி எனப்படும் ; அது உணரத்தக்க அளவில் கருத்தைக் கவரும் ; மேற்படி ஈர் எடுத்துக்காட்டுகளிலும் 20 செக். அளவில் நேரஞ்சென்றதும், இடி-முழக்கமேகப் புலங்களும் ஏற்றங்களும் அவ்வவற்றின் தொடக்கப் பெறுமானங்களை அடைந்துள்ளன எனக் காணப்படும். மீட்சிவீதம் கிட்டத்தட்ட அடுக்குக்குறி முறைப்படி இருந் தது ; அது பளிச்சீட்டுக்கு உடனடியாகப் பின் மிகு வேகமாகவும், மேகம் அதனது மின்னேற்றம்பெற்ற தொடக்க நிலையை அடையுங்கால் மிகு மந்தமாகவும் இருந்தது. புலங்காணுமிடத்துப் பயன்படுத்திய அதே முறையைக் கையாண்டு இத் திடீர்ப் புலமாற்றங்களின் பருமன்களையும் நாம் காணலாம். Δy யானது அசைவு PP′ அல்லது QQ′ குறிக்குமாயின், அதற்குக் காரணமாக இருந்த திடீர்ப் புலமாற்றமானது,

$$\triangle F = 4\pi k \,.\, \triangle y / A.$$

50 சமீ. விட்டமுடைய தட்டொன்றைப் பயன்படுத்தும் சோதனைத்தட்டு ஒழுங்குமுறையானது 1,000 வோ./மீ. எல்லைகடந்த புலவலிமைகளை அளப்பதற்குப் பொருத்தமானது; அத்தகைய புலங்கள் இட்டத்தட்ட 8 கிமீ. தூரத்துள் அணுகும் இடிமின்னற்புயல்களால் உண்டாக்கப்படும். அண்மையான புயல்களாலாகும் உயர் புலங்களை அளத்தற்பொருட்டு, வோர்மல் என்பார் முந்திய தட்டைக் காட்டிலும் சிறிய பரிமாணங்கொண்டதும் தலை கீழாக்கப்பட்டுக் கம்பமொன்றுமீது ஏற்றப்பட்டதுமான சோதனைத் தட்டொன்றைப் பயன்படுத்தியுள்ளார்; அத்தட்டுக்குக் கீழே மூடியொன்று கொஞ்சநேரம் ஆவர்த்தன முறைப்படி தானே ஊசலாடுமாறு அமைக்கப்பட்டிருந்தது. இம்முறை, கடுமழையின்போது பெரிதும் பயன்படும். வில்சன் இன்னுஞ் செம்மையான புயல்களிடத்து பெரிதும் வேறு வடிவமுடைய, திறந்து வைக்கப்பட்ட கடத்தியொன்றைப் பயன்படுத்தியுள்ளார்; அது 1 அடி விட்டமுடையதும், 5 மீ. நீளமுடைய இரும்புக் குழாயொன்றின் முனையில் காவலிகள்மீது ஏற்றப்பட்டதுமான செப்புக் கோளமொன்றுகும் (படம் 12). ஆய்கருவி பயன்படுத்தப்படுமிடத்து குழாயானது நிலைக்குத்தாக இருக்குமாறு வைக்கப்பட்டிருக்கும்; அதன் அடியூடானதும் கிடையானதுமான அச்சொன்றைப் பற்றிக் குழாயைச் சுழற்றிஞல், அது தாழ்த்தப்பட்டு, கோளம் புவியோடிணைக்கப்பட்ட உலோகக் கூடொன்றுட் புகும்; அக்கூடானது கோளத்தைப் புலம் தாக்காத வண்ணம் காவலிடும். குழாயின் நடுவே காவலிடப்பட்டுச் செல்லும் கம்பியொன்ருல் மயிர்த்துளை மின்மானித் தொடுப்பு அமைக்கப்படும்.

மின்மானியில் குறிப்பிட்ட அசைவொன்றை ஆக்கும் புலமானது பின்வருமாறு கணிக்கப்படும்: மின்மானி வழியாகக் கோளம் புவியோடு இணைக்கப்பட்டிருக்கின்றபடியால்,

நிலத்துக்கு மேலே உயரம் h இற்கு அது உயர்த்தப்பட்டிருக்குமிடத்து அக்கோளம் புவியழுத்தத்தில் நிலைநிறுத்தப்பட்டிருக்குமாறு அதன்மீதுள்ள தூண்டிய ஏற்றம் q அமைதல் வேண்டும். எனவே, ஆரை r கொண்ட கோளத்தின் மையம் இருக்கும் புள்ளியில், வளியின் குழம்பா அழுத்தம் V எனின்,

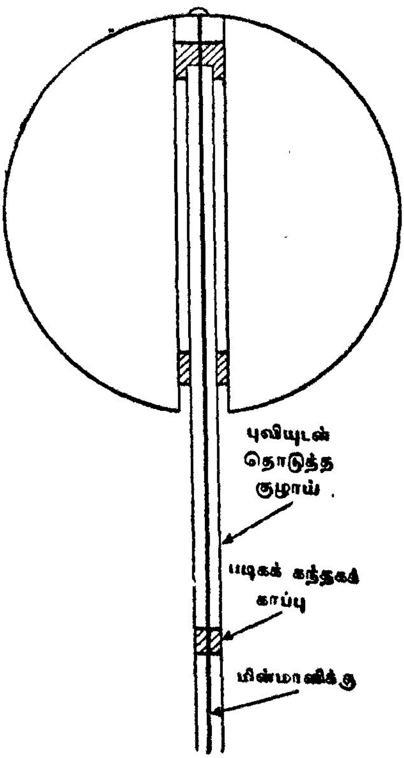
$$V + q/r - q/2h = 0,$$

இங்கு, மூன்றாவது உறுப்பானது புவியில் ஏற்றம்பெற்ற கோளத்தின் மின்விம்பத்தாலாகும் விளைவைக் கணிப்பில் சேர்க்கின்றது. கோளம் அதனது உறையிலிருந்து உயரம் h இற்கு உயர்த்தப்படுவதால் உண்டாகும் மின் மாணியசைவு y எனின்,

$$q = -ky,$$

அத்துடன்,

$$V = k\,(1/r - 1/2h)y$$



படம் 12. சேய்மையான இடிமின்னற்புயல்களாலாகும் புலங்களை அளப்பதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் உயர்த்திய கோளம்.

எனவே, இந்நோக்கலானது நிலத்துக்கும் உயரம் h இற்குமிடையேயுள்ள சராசரி அழுத்தப்படித்திறனை,

$$F = V/h = (k/h)\,(1/r - 1/2h)y$$

என்பதால் தரும்.

இதே சமன்பாடானது திடீர்ப் புலமாற்றங்கள் ΔF ஆகியவற்றை மின்மானியில் அவ்வவற்றிற்கு ஒத்திருக்கும் திடீர் அசைவுகளான Δy ஆகியவற்றுடன் தொடர்புபடுத்தும். இத்தொடர்புகள் சோதனைத் தட்டினிடத்துப் பெற்றுள்ளவை போன்று பூரணமாகத் தட்டையான புவி என்ற அடிப்படையில் பெற்றிருக்கின்றபடியால், பதிவு செய்யும் கருவியைக் கொண்டிருக்கும் குடிசைமீது செறியும் விசைக்கோடுகளாலாகும் விளைவுகளுக்குச் சிறு திருத்தங்களைச் செய்தல் வேண்டும்.

20 கிமீ. இற்குக் கூடுதலான தூரத்தில் புயல் இருக்கும்போது ஏற்றத்திலுள்ள கோளம் தரும் விளைவு மிகச் சிறிதாகும்; அப்பொழுது செம்மையாக அளவீடுகளை எடுக்கமுடியாது. அதனினும் கூடுதலான தூரங்களுக்கு மின்னலைக் கம்பியானது சில ஆராய்ச்சியாளர்களால் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. எனினும், புலமானது உணரத்தக்க வளவில் பெரிதாயிருக்குமிடத்து இத்தகைய கம்பியானது வேண்டப்படாத மின்னிறக்க வட்ட அதாவது புள்ளியிறக்க விளைவுகளைத் தரும்; பெரிய கோளங்களைப் பயன்படுத்தி அவ்விளைவுகளைத் தவிர்க்கலாம். இடிமின்னற்புயற் புலங்களும் செம்மையான காலநிலைப் புலங்களும் அதே வரிசையின்பாற்படும்; அதாவது முகில் 20 கிமீ. தூரத்திலிருக்குமிடத்து, அவை கிட்டத்தட்ட 100 வோ./மீ. ஆகும். 6 இலிருந்து 8 கிமீ. வரையுள்ள தூரங்களில் இப்புலங்கள் அடிக்கடி 5000 வோ./மீ. ஐ அடையும். புயல் தலைக்குமீதாகச் செல்லுமிடத்து, 10,000 இலிருந்து 20,000 வோ./மீ. வரையுள்ள பெறுமானங்கள் பொதுவாகக் காணப்படும்; மறுபுறமாக, செக்கனின் சிறு பின்னமொன்றின்போது திடீர் மாற்றங்கள் மேற்படிப் பெறுமானங்களைப் பெருமளவில் மீறலாம். இடி மின்னற்புயலொன்று தொழிற்படுமிடத்து, மின்னலிறக்கத்தால் ஏற்றம் பங்காகவோ முழுதாகவோ நடுநிலையாக்கப்படுவதா

லும், அதற்குப் பின்னர் இழந்த ஏற்றம் மீளவாக்கப் படுதலாலும், முழுமேகத்தின் அசைவுகளாலும், புலங் கள் ஓயாது மாறிக்கொண்டேயிருக்கும்.

(b) பெருக்கி அலைவு வரையி முறை. இம்முறை தொலை வான புயல்களினால் (வளிமண்டலமின்குழப்பங்கள்) ஆக்கப் படும் மிக விரைவான புலமாற்றங்களின் ஆய்வையிட்டு அப்பிள்ரன், வாற்சன்–வாற்று, ஹேட்[5] (Appleton, Watson–Watt, Herd) என்பவர்களால் திட்டமிடப்பட்டு, அவர்களாலும் வேறுபலராலும் மயிர்த்துளை மின்மானி முறையால் பிரித்துக் காட்டமுடியாத புலமாற்ற விவரங் களைப் பதிவுசெய்தற்பொருட்டுப் பயன்படுத்தப்பட்டிருக் கிறது; மயிர்த்துளை மின்மானியின் நேரப் பிரிவலுவானது 0·1 செக். மட்டுமே என்பது இங்கு குறித்தற்பாலது.

இவ்வண்ணம் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள ஒழுங்குமுறையின் அடிப்படைகள் படம் 13 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன ; இங்கு C_0 ஆனது படம் 12 இலுள்ள கோளத்தைப் போன்று திறந்துவைக்கப்பட்ட கடத்தி (அல்லது மிகு தொலைவான புயல்களுக்கு இடையான அலைவுக்கம்பி) யின் கொள்ள ளவும், R_1 ஆனது அலைவுக்கம்பிச் சுற்று ஆவர்த்தன மின்றியிருத்தற் பொருட்டு, 50,000 ஓம் அளவில் புகுத்தப் படும் தடையும் ஆகும். C_1, ஒடுக்கியொன்றாகும் ; அளக்க வேண்டிய புலத்துக்குப் பொருத்தமாகப் அதன் கொள்ள ளவைப் படிப்படியாக மாற்றமுடியும். R_2, உயர் தடை யொன்றாகும்; எனவே பதிவுசெய்யப்படும் புலமாற்றத்தின் காலநீட்சியுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்குமிடத்து அதன் நேரமா றிலியான C_1R_2 என்பது பெரிதாக இருக்கும்வண்ணம் அதன் தடை தேர்ந்தெடுக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும்.

திறந்துவைக்கப்பட்ட கடத்தியின் பலித உயரம் h இலுள்ளதில் அழுத்தமாற்றம் $\triangle V$ யின் விளைவாகப் புலமானது $\triangle F$ அளவு மாறுமானால், கடத்திமீதுள்ள ஏற்றத்தில் மாற்றம் $-\triangle q$ வும் C_1 இன் மேல் தட்டில் ஏற்றவதிகரிப்பு $+\triangle q$ வும் நிகழவேண்டும்.

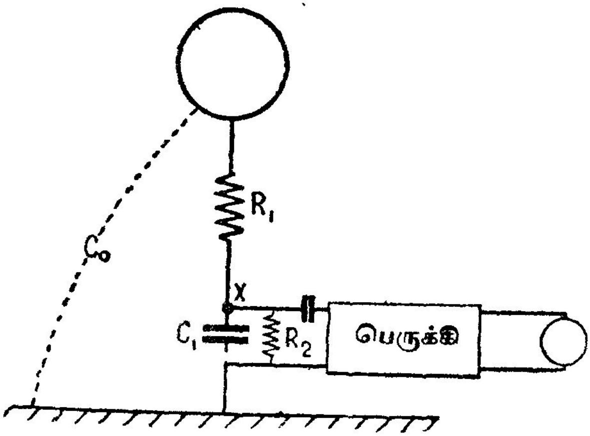
$\Delta V - \Delta q/C_0$ என்பதும் $\Delta q/C_1$ என்பதும் புள்ளி X இல் உண்டாகும் அதே அழுத்தமாற்றம் Δv யைத் தருகின்றபடியால் பிந்தியதால், C_1 இற்குக் குறுக்கே

$$\Delta v = \Delta q/C_1 = \Delta V - \Delta q/C_0,$$

இனால் தரப்படும் அழுத்த வித்தியாசமொன்று உண்டாக்கப்படல் வேண்டும் ;

எனவே,

$$\Delta v = \frac{C_0}{C_0 + C_1} \cdot \Delta V = \frac{C_0}{C_0 + C_1} \cdot h \Delta F.$$



படம் 13. பெருக்கி அலைவுவரையி முறைக்கான ஊட்டச்சுற்று.

இவ்வண்ணம் ஒழுங்குமுறையானது, ஒடுக்கி அழுத்தமானியொன்றாகத் தொழிற்படும் ; Δv யின் பெருக்கிய பெறுமானத்தால் அலைவுவரையிப் பொட்டு உறும் விலகலானது புலமாற்றத்துக்கு விகிதசமனாகும். அலைவுவரையியானது இவ்விலகலைக் கணநேரத்திற்கு நிறுத்தி வைக்கும் ; C_1R_2 என்னும் கணியத்தைக் காட்டிலும் பெருக்கியின் நேரமாறிலிகள் பெரிதாக இருக்குமானால், அக்கணியத்தால் நிறுவப்படும் நேரமொன்றிலே விலக

கலானது பூச்சியத்தை நகர்ந்தடையும். ஒப்பிட்டுப்பார்க்கில் மந்தமான புலமாற்றங்கள் ஒழிந்த எல்லா மாற்றங்களையும் பிழையின்றிப் பதிவுசெய்தற் பொருட்டு, C_1R_2 ஐ வழக்கமாகப் போதியவளவில் பெரிதாக்கிக் கொள்ளலாம்.

சுற்றிலிருந்து C_1 ஐயும் R_1 ஐயும் அப்புறப்படுத்தி, படம் 13 இலுள்ள ஒழுங்குமுறையைப் பயன்படுத்தி புலமாற்றவீதம் dF/dt ஐப் பதிவுசெய்ய முடியும். ஏனெனில், R_2 இலுள்ள ஓட்டமான i யானது $v/R_2 = dq/dt$ இனல் தரப்படுகின்றபடியால்,

$$hdF/dt = dv/dt + (dq/dt)/C_0 = dv/dt + v/C_0R_2.$$

C_0R_2 ஆனது போதியவளவில் சிறிதாக இருக்குமாஞல், இரண்டாவது உறுப்பு, முதலாவதைக் காட்டிலும் மிகப் பெரியதே ; அப்பொழுது, $v \simeq hC_0R_2dF/dt$.

(c) **உயரமின்.** இக்கருவிவரையி சிம்சன், ஸ்கிறேஸ்[6] (Simpson & Scrase) ஆகியோரால் திட்டமிடப்பட்டுள்ளது ; அதைச் சிறு பலூனென்றுடன் பிணைத்து, இடிமுழக்க மேகங்களுக்கு அணித்தாகவும் அவற்றுள்ளேயும் இருக்கின்ற புள்ளிகளில் மின்புலங்கள் நேரடியாக அளக்கப்படும். முனைவுகாண் கடதாசித்தாளொன்றுமீது தாங்கப்பெற்றிருக்கும் இரு வெவ்வேருன இரும்பூசிகள் நிலேக்குத்தான கம்பிகளுடன் தொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றன ; அக்கம்பிகளுள் மேலேயுள்ளது மூங்கிற் சட்டப்படலொன்றிலும், கீழுள்ளது சுயாதீனமாகக் கீழ்முகமாய்த் தொங்கியவாறும் இருக்கின்றன. புள்ளியிறக்கத்தால் தக்கவாறு ஏற்றம் பெறுவதற்குப் போதிய பருமனுடைய மின் புலமொன்றில் கம்பிகள் இருந்தால், ஊசிகளுக்கிடையே தோன்றும் அழுத்த வித்தியாசமானது அவ்வூசிகளுக்கிடையே சிறு ஓட்டமொன்றைத் தூண்டும் ; அப்பொழுது நேரேற்றம் பெற்ற முனையின் அருகில் நீலக்கறையொன்று தோன்றும் ; அதஞல், அங்கு செயலாற்றும் திசை சுட்டப்படும். கறையின் அகலத்தைப் புலவலிமையுடன் பருமட்டாகத் தொடர்புபடுத்த

முடியும். பதிவொன்றைப் பெறும்பொருட்டு முனைவு காண் தாளைக் காவும் தட்டானது கடிகாரக் கருவியொன்றுற் சுழற்றப்படும் ; அப்பதிவை, அதே நேரத்தில் பறத்தலின்போது காவப்படும் வேறுகருவிகளால் பதியப்படும் அமுக்கநிலை, ஈரப்பதநிலை, வெப்பநிலை ஆகிய பதிவுகளுடன் இணைபுறச் செய்யமுடியும்.

(*d*) **மின் பாயமானி முறை.** இம்முறையின் கோட்பாடு § 17 இல் விவரித்துக் கூறப்பட்டிருக்கிறது. இவ்வுபகரணமானது மேகங்கள் ஊடாக விமானமொன்றில் எடுத்துச் செல்லப்படுமிடத்து அவ்விமானத்திலுலேயே சேர்க்கப்படும் ஏற்றத்தால் உண்டாகும் தான்தோனறிப் புலங்களைக் கவனமாக நீக்கி விடல் வேண்டும். ஒன்று ஓர் இறக்கையின் மேற் பரப்பிலும் மற்றது கீழ்நோக்கி அவ்விறக்கையின் கீழ்ப் பரப்பிலும் என்றவாறு, இரு பாயமானிகளைப் பயன்படுத்தி இது செய்யப்படுகிறது, (ரொஸ் கன் **Ross Gunn**). அப்பொழுது ஒன்றினிடத்து வெளிப் புலமும் தான்தோன்றிப் புலமும் ஒரேதிசையில் தொழிற்படும். இரண்டாவதினிடத்து, அவை எதிர்த்திசைகளில் தொழிற்படும். முனைமாதிரிப் பரிசோதனைகளை நடத்தி விமானத்தால் புலத்திலே உண்டாகும் வடிவவிவுக்கான திருத்தத்தைப் பெற்றுக் கொள்ள முடியும். பனிக்கட்டி உறைவதால் தொல்லைகள் உள. எனவே, வெப்பநிலை 0° ச. இற்குப் பெரிதும் குறைவாக இருக்கும் உயரங்களில் இவ்வுபகரணத்தைப் பயன்படுத்த முடியாது.

இக்கருவியின் உயர்துணிப்புவகையொன்றுல் மாலன் (**Malan**) என்பாராலும் நூலாசிரியராலும் திட்டமிடப் பட்டு, (*a*) புலமாற்றங்களிடத்து தாழ் நேரத் துணிப்புடைய முறை (*b*) மந்தமான புலமாற்றங்களைக் காட்டிலும் விரைவானவற்றிற்கே பெரிதும் பொருத்தமான முறை என்பவை முறையே தொழிற்படும் வீச்சுக்களுக்கிடையேயுள்ள வீச்சில், நிலமட்டத்தில், நோக்கங்களைப் பெறும்பொருட்டுப் பயன்படுத்தப்பட்டிருக்கின்றன. பாயமானிப் பயப்பானது

காந்த நாடாப் பதிவுசெய் யந்திரமொன்றுற் பதிவு செய்யப் படும்; அதற்குப் பின்னர் நாடாவிலே தேவைப்படும் சில பாகங்கள் சோதிக்கப்பட்டு, ஒளிப்பட முறைப்படி பதிவு செய்யப்படும். அவ்வண்ணம், குறைந்த செலவில், கண நிலைப் புலமாற்றங்களை உயர்வேகத்துடன் பதிவுசெய்து கொள்ள முடிகிறது.

(e) புள்ளியிறக்கக் கல்வனோமானி முறை. கூர்முனை யொன்று உயரமான கம்பத்தின் மீது ஏற்றப்பட்டு, காவலி டப்பட்டு, பதிவுசெய் கல்வனோமானியொன்று வழியா கப் புவியோடிணைக்கப்பட்டிருந்தால், புள்ளியிறக்கத்தாலா கும் ஓட்டம் I யானது, $I = a\ (F^2 - M^2)$ என்னுஞ் சமன்பாட்டால், அவ்வப்போதுள்ள புலம் F உடன் பருமட்டாகத் தொடர்புகொண்டிருக்கும்; இங்கு, a, M என்பன பயன்படுத்தப்படும் ஒழுங்குக்குச் சிறப்பாக உரிய மாறிலிகளாகும். விப்பிள், ஸ்கிறேசர்[8] (Whipple, Scrase) ஆகியோரால் நுணுக்கமாகச் சோதிக்கப்பட்ட இம்முறையால் கிட்டிய புயல்களிடத்து அவ்வவற்றின் குறிகளும், F இன் அண்ணளவான பெறுமானங்களும் பொதுவாகப் பயனுள்ள வகையில் பதிவு செய் யப்படும். இருந்தாலும், அம்முறையின் நேரத்துணிப்பு சிறிதாகவே இருக்கும். மேலும், வழக்கமான இடி மின்னற்புயற் காற்றின்போது மேற்படிச் சமன்பாடு அத் துணைத் திருத்தமுடையதாயிருக்கமாட்டாது.

33. இடிமுழக்கமேகங்களில் மின்பரம்பல். இடிமுழக்க மேகங்களில் மின்பரம்பல் என்னும் விடயத்தை ஆராய்ந்த விடத்து § 32 இல் விவரித்துக் கூறியுள்ள முறைகள் யாவும் பயன்பட்டன. தொடக்கத்தில், கிடைத்த தீர் வைப்பற்றிக் கருத்து வேறுபாடு இருந்தது; வழக்க மாக மேகத்தின் அடியில் மறையேற்றமொன்றும் அதற் குப் பல கிலோமீற்றர் மேலே நேரேற்றமொன்றும் உள என இப்பொழுது பொதுவாக ஏற்றுக்கொள்ளப்படுகின்

றது. பெரும்மேகமொன்றின் வெவ்வேறு பாகங்களில் (அதாவது கலங்களில்) இப்பரம்பல் முறை மீண்டும் மீண்டும் தோன்றும். இம்முடிபானது சி.ரி. ஆர். வில்சனால்[2] காட்டப்பட்ட காரணங்களை அடிப்படையாகக் கொண்டிருக்கிறது, அவை கீழ்வருமாறு.

முகிலின் அகத்திலே கோளப்பகுதியொன்றில், இடங்கொண்டிருக்கும் ஏற்றம் Q வைக் கருதுக ; அதன் மையமானது நிலத்துக்கு மேலே, உயரம் H இல் இருக்கின்றதென்க.

P யிலுள்ள புலமானது திருப்பம் $2QH$ கொண்ட மின்னிரட்டியொன்றுலானது ; இங்கு, Q வால் புவிமீது தூண்டப்பட்ட மறையான ஏற்றத்துககுப் பதிலாக விம்பவேற்றம் $-Q$ வைக்கப்படுகிறது. அப்பொழுது இப்புலமானது $F = 2QH(H^2+L^2)^{-3/2}$ என்பதால் தரப்படும் ; Q நேரேற்றமாயின், அது நிலைக்குத தாய்க் கீழ்முகமாகவே திசைப்படுத்தப்பட்டிருக்கும்.

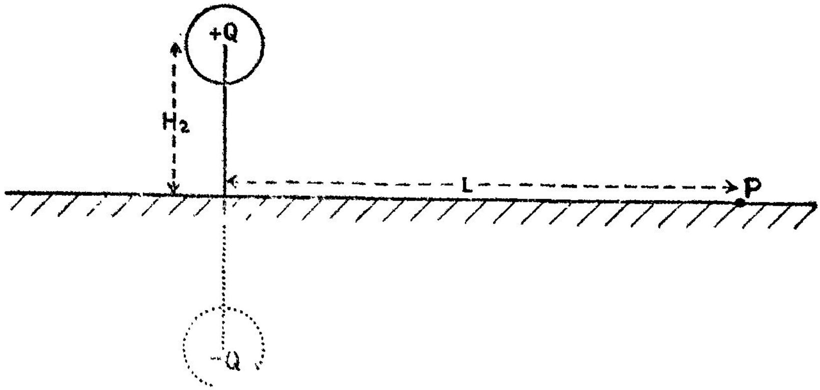
Q பங்குபற்றும் மின்னலிறக்கமானது இரு வகைப்படலாம். இறக்கமானது முகிலுள் நிகழுமாயின், Q வானது உயரம் H_2 இலிருந்து நிலைக்குத்தாக உயரம் H_1 இற்கு இறங்கி, அங்கு அதற்கு எதிரான ஏற்றம் $-Q$ வை நடுநிலையாக்குகின்றது என்று மிக எளிதாகக் கருதலாம். இறக்கமானது நிலத்தை அடையுமிடத்து Q மறைந்து, F பூச்சியமாகின்றது. எனவே, மேகவிறக்கமொன்றால் உண்டாகும் தேறிய புலமாற்றமானது,

$$\triangle F_C = F_1 - F_2 = 2Q[H_1(H_1{}^2+L^2)^{-3/2} - H_2(H_2{}^2+L^2)^{-3/2}] \ldots (3.1)$$

என்பதாலும், நிலத்தை அடையும் இறக்கத்தாலானது

$$\triangle F_G = O - F = -2QH(H^2+L^2)^{-3/2} \ldots \quad (3.2)$$

என்பதாலும் தரப்படும்.



படம் 14. புவிக்குமேலேயுள்ள இடிமுழக்கமேக ஏற்றம்.

மேற்படிப் புலமாற்றங்களின் குறிகளை நோக்கி, அவ்வவற்றிற்குக் காரணமாக இருந்த மேகத்து இருமுனைவின் முனைவுத்தன்மையை ஊகித்தறிய முடியும். Q வானது மேலேயிருக்கும் நேரேற்றமொன்றாயின் ($H_2>H_1$), அப்பொழுது அவதிப் பெறுமானமொன்றான L_0 இற்குக் குறைவான L இன் எல்லாப் பெறுமானங்களுக்கும் $\triangle F_C$ நேரானது என்றும், L_0 இற்குக் கூடுதலான L இன் எல்லாப் பெறுமானங்களிடத்தும் அது மறையானது என்றும் சமன்பாடு (3.1) காட்டுகின்றது. L_0 ஆனது

$$H_1(H_1^2+L_0^2)^{-3/2}=H_2(H_2^2+L_0^2)^{-3/2},$$

என்பதால் தரப்படும்.

மேலும் Q வானது மறையான தாழ்வேற்றமொன்று எனவும், அது உயரம் H இலிருந்து நிலத்தை அடைகின்றது எனவும் கொண்டால், எல்லாத் தூரங்களிலும் $\triangle F_G$ நேராக இருத்தல் வேண்டுமெனச் சமன்பாடு (3.2) காட்டுகின்றது.

வெவ்வேறு தூரங்களில் $\triangle F_C$ யையும் $\triangle F_G$ யையும் நோக்கி, மேற்படி உய்த்தறிதல்கள் மெய்ப்பித்துக் காட்டப் பட்டிருக்கின்றன ; எனவே, இடிமுழக்க மேகங்களில்

பெரும்பான்மையானவை முடியில் நேரேற்றங்களையும் அடியில் மறையேற்றங்களையும் காவுகின்றன என அந் நோக்கல்கள் சுட்டுகின்றன. எல்லாத் தூரங்களிலும், நேர்ப்புலமாற்றங்கள் விஞ்சியிருப்பதாக எடுத்துக்காட்டும் ΔF_G இற்கான நோக்கல்கள் அட்டவணை VI இல் தரப் பட்டுள்ளன.

அட்டவணை VI

எல்லாத் தூரங்களிலும், நிலத்தை அடையும் பளிச்சீடு களாலாகும் புலமாற்றங்களின் குறி

நேர்	மறை	நோக்குநர்	இடம்
67	4	ஷொன்லநது	தென் ஆபிரிக்காவைச் சேர்ந்த கிழக்குச் சமர் செற்
267	16	ஹலிடே	தென் ஆபிரிக்காவைச் சேர்ந்த யோகானஸ் பேர்க்
77	13	யென்சன்	ஐ. அ. நா. ஐச் சேர்ந்த நெபுராஸ்க்கா
411	33		

ΔF_C யைப் பொறுத்தமட்டில், புயல் இட்ட இருக்கு மிடத்து, மேகப் பளிச்சீடுகள், நிலப் பளிச்சீடுகள் ஆகிய இரண்டும் நேர்ப் புலமாற்றங்களை உண்டாக்குதல் வேண் டும் எனவும், புயல், L_0 ஐ விஞ்சும் தூரங்களில் இருக்குமிடத்து அம்மாற்றங்கள் மறைமாற்றங்களாக நேர் மாறுகிவிடவேண்டும் எனவும் சமன்பாடுகள் (3.1) உம் (3.2) உம் காட்டும். அயனமண்டலப் பகுதிகளாலும் அயனமண்டலம் மருவிய பகுதிகளிலும் நிகழும் புயல் களில் மேகவிறக்கங்கள் நிலவிறக்கங்களை உணரத்தக்க

வளவில் விஞ்சுகின்றபடியால், அத்தகைய புயல்களி னிடத்து மேகம் தொலையிலிருக்கும்போது மறைப்புல மாற்றங்கள் விஞ்சியிருக்கவும், மேகம் கிட்டவிருக் கும்போது நேரானவை விஞ்சியிருக்கவும் நாம் எதிர் பார்த்தல் வேண்டும். அது அவ்வாறே எனத் தென் ஆபிரிக்காவில் கிடைத்த அட்டவணை VII இல் தரப் பட்டுள்ள தரவுகள் காட்டுகின்றன.

அட்டவணையில் குறிப்பிடப்பட்டுள்ள தென் ஆபிரிக்க நோக்கல்கள் நேர்மாறல் விளைவுக்கு உறுதிவாய்ந்த சான் றாகும். சிறு தூரங்களில் நேர்ப் புலமாற்றங்கள் உணரத் தக்கவளவில் விஞ்சியிருக்கின்றன எனப் பெரிய பிரித் தானியாவில் கிடைத்த பேறுகள் மேற்படி பேறுகளை ஆதரிக்கின்றன ; ஆனால், 15 கிமீ. வரை மீறியிருக்கும் தூரங்களில், ஒவ்வொரு குறியிடத்தும் கிட்டத்தட்ட அதே எண்ணளவில் புலமாற்றங்கள் உள. இதற்குக் காரணம் யாதெனில், பிரித்தானியாவிலே மேகவிறக்கங்களும் அண் ணளவான சம வீதத்தில் நிகழ்வதனாலும் ஆனால், தென் ஆபிரிக்காவில் முந்தியவை பிந்தியவற்றினளவில் விஞ்சுவதனாலும் என்க.

($L = L_0$ என்னும்) புறமாற்றுத் தூரத்தில், $\triangle F_C$ யிற்கு உண்மையான பூச்சியப் பெறுமானம் அரிதாகவே அவ தானிக்கப்பட்டுள்ளன. நடைமுறையில், பளிச்சீடானது வழக்கமாக H_1 இற்கும் H_2 இற்குமிடையே நிலைக்குத் தான பாதைவழியே செல்வதில்லை. இது காரணமாகவும், H_2 உம் H_1 உம் பளிச்சீட்டுக்குப் பளிச்சீடு மாறுகிறபடி யாலும், புறமாற்றுத் தூரம் என்பதற்குப் பதிலாக நாம் புலமாற்று வலயம் என்பதைக் கருதுதல் வேண்டும் ; அவ் வலயத்தில், இரண்டில் எந்தக் குறிமாற்றமுமுடைய சிறு புலமாற்றங்கள் சம நிகழ்தகவுடன் உண்டாகலாம். இவ் வலயமானது நோக்கற்[4] புள்ளியிலிருந்து 7 கிமீ. இற்கும் 15 கிமீ. இற்குமிடையேயுள்ள வீச்சொன்றிலே பரந்து கிடக்கலாம்.

அட்டவணை VII

இறக்கத்தாலாகும் எல்லா வகைப் புலமாற்றங்களினதும் குறிகள்

தொலைவுப் புயல்கள்				
L இ. மீ.	$\Delta F_{\text{நேர்}}$	$\Delta F_{\text{மறை}}$	நோக்குநர்	நாடு
$\geqslant 15$	250	2375	ஷொன்லந்து	தெ. ஆபிரிக்கா
$\geqslant 10$	113	644	ஹலிடே	தெ. ஆபிரிக்கா
> 15	1699	1546	வோர்மல்	இங்கிலாந்து
அண்மைப் புயல்கள்				
< 5	54	16	சி.ரி.ஆர் வில்சன்	இங்கிலாந்து
< 7	563	70	ஷொன்லந்து	தெ. ஆபிரிக்கா
< 6	86	18	ஹலிடே	தெ. ஆபிரிக்கா
< 5	143	63	வோர்மல்	இங்கிலாந்து

புவியோடிணைக்கப்பட்ட உலோகக் கட்டமைப்புக்களை அடையும் மின்னிறக்கங்களை நேரடியாக நோக்கின் கீழான ஏற்றமானது வழக்கமாக மறையேற்றமொன்றாகும் என்பதற்கு வேறு வலிதான சான்றுகள் கிடைக்கப் பெற்றுள்ளன (§ 41). இந்நோக்கல்கள் ஐரோப்பா, ரூசியா, யப்பான், ஐக்கிய நாடுகள் ஆகியவற்றில் எடுக்கப்பட்டுள்ளன ; மேற்படி பளிச்சீடுகள், 90 அல்லது அதற்குக் கூடுதலான சதவீதத்தில் மறைமின்னை இறக்கப்பட்டுள்ளது எனக் காணப்பட்டது. 1941 இல் கிடைத்திருந்த நேரடி நோக்கல்களின் மொத்தத் தொகை 2505 ஆகும் ; அவற்றுள் 2422 மறையிறக்கங்களைக் காட்டியுள்ளன.

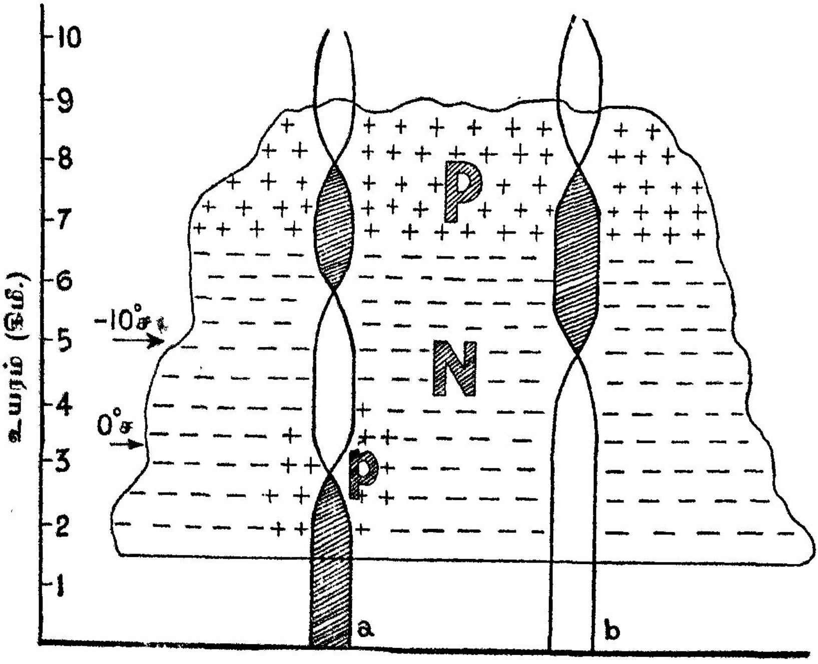
ஏற்கெனவே சுருக்கமாகக் குறிப்பிட்டுள்ள பொது ஏற்றப் பரம்பல் அமைப்பின்படி, அணித்தான புயலொன்றிடத்து, அதனது கீழான முனைவானது மேல் முனைவைக் காட்டிலும் நோக்கற் புள்ளியைக் கிட்டியிருக்கின்றபடியால், அப்புயலின் இறக்கத்திற்குச் சற்றுமுன், அதனது மின்புலமானது (அதாவது அதனது முன்—இறக்கப் புலமானது) மறையாகவும் உணரத்தக்க அளவில் தொலைவான புயலொன்றிடத்து, அதன்மேல் முனைவு முக்கியம் வாய்ந்திருக்கின்றபடியால், புலமானது நேராகவும் இருத்தல் வேண்டும்; இவை கிடைத்த நோக்கல்களுடன் பொதுவாக ஒத்திருக்கின்றன. இந்நோக்கல்களிடத்து ஓரளவில் கருத்தைக் கவரும் சிக்கலொன்றுளது. நோக்குநருக்கு மிக அணித்தாகவும் நிலத்தை அடைகின்றதுமான இறக்கமொன்றின் தொடக்கத்துக்குச் சற்று முன் முன்–இறக்கப் புலம் சிறிதாகின்றது எனவும் அது நேராகலாம் எனவும் அடிக்கடி காணப்படுகின்றது.

மேகத்தின் கீழ் மறை முனைவுக்குக் கீழே, ஒன்றில் மேகத்தின் அடியில் அல்லது அடிக்குச் சரிகீழே, நேரேற்றம் கொண்டதும் மேலதிகமானதுமான சிறு "இடைவெளி" யொன்று உளதாயின், மேற்படி விளைவு விளக்கம் பெறும். இவ்விடை வெளிக்கான நேரடிச் சான்றுகள் அடுத்த பந்தியில் எடுத்து ஆராயப்படும். மேக (அல்லது வளி) இறக்கவகையொன்று உளது எனவும், அது மேகத்தில், தலைமை முனைவுகளுக்கிடையே நிகழ்கின்ற வழக்கமானதும் அதனினும் உயரமானதுமான இறக்கத்தைக் காட்டிலும் மிகு குறுகிய தூரத்தில் குறிமாற்லுறுகின்றது எனவும், அதுவே அட்டவணை VII இல் கூறப்பட்டுள்ள ΔF இன் தோற்றவளவில் சீரில்லா மறைப் பெறுமானங்களுக்குப் பொறுப்பு எனவும், வோர்மலின்[3]

நோக்கலிலிருந்து நேரில் சான்ருென்று கிடைத்துள்ளது. § 36 இல் எடுத்து ஆராயப்படும் β வகை வழிகாட்டி முறையானது இதே முடிவுக்கே தூண்டுகின்றது.

இடிமுழக்கமேகத்திலுள்ள ஏற்றப் பரம்பலைப் பற்றிய இவ்வெல்லா அனுமானங்களும் சிம்சன், ஸ்கிறேசர், றெபின்சன்[6, 9] ஆகியோர்களால் மிகு சிறப்பாக உறுதிப் படுத்தியும் விரிவாக்கியுமுள்ளன. இடிமுழக்கமேகமொன் றின் உயிர்ப்பு முனைப்பிடங்களுக்கு அணித்தாக அல்லது அதற்கு ஊடாக பலூன் ஏறுமிடத்து அது மேகத்தின் அடியில் நுழையும்போது புலம் அடிக்கடி நேராகவும், அதற்குப் பின்னர் 1 கிமீ. தூரம் அது மறையாகவும், அதற்குப் பின்னர் 4 கிமீ. தூரம் கூட நேராகவும், அதற் குப் பின்னர் மேகத்தின் முடிவரையும் அதற்கு அப்பா லும் மறையாகவும், இருக்கின்றது என இந்நோக்கல்கள் காட்டியுள்ளன. இத்தகைய முறையால் கிடைத்த மாதிரிப் பேறுகள் படம் 15 (a) யில் தரப்பட்டுள்ளன ; அங்கு புலத்தின் பருமன்வரிசை, தடக்கோடுகளின் அகலத் தால் தரப்பட்டும் மறைப் புலங்களும் நேர்ப் புலங்களும் முறையே வரியிடாத் தடங்களாலும் வரியிட்ட தடங்களா லும் காட்டப்பட்டும் இருக்கின்றன. மேலும், நோக்கல் களை விளக்கிவைக்குமுகமாகப் பிரேரிக்கப்பட்டுள்ள ஏற் றங்களான P, N, p ஆகிய மூன்றின் பரம்பல்களும் படத் தில் காட்டப்பட்டிருக்கின்றன. இவ்வேற்றங்களின், எனவே அவ்வேற்றங்கள் கிடக்கும் வெப்பநிலை மட்டங்களின், உயரங்களுக்குக் காணப்பட்ட பெறுமானங்கள் உணரத்தக்க அளவில் புயலுக்குப் புயல் மாறும். மேகமூடாக அத னது மட்டானதும் மந்தமானதுமான பறத்தலின்போது எப்பாதையில் பலூனனது சென்றுள்ளது பற்றியோ, பேறுகள் தரும் ஏற்றப் பரம்பலானது பளிச்சீடு நிகழ்ந்த அதே கணத்தில் இருந்தது பற்றியோ உறுதியாகக் கூறமுடியாது ; இருந்தாலும் இங்கிலாந்தில் பெரும் இடி

முழக்கமேகங்களிடத்துக் கிடைத்த மாதிரிப் பெறுமானங் கள் கீழ்வருமாறு : P, 7 கிமீ. ($-27°$ச.) ; N, 2·5 கிமீ. ($-4°$ ச) ; p, 1·5 கிமீ. ($+2°$ ச.).



படம் 15. மாதிரியான உயரமின்வரையி நோட்டம் காணல்கள் (சிம்சன், ஸ்கிறேசர், றொபின்சன்).

(சிம்சன், ஸ்கிறேசர், றொபின்சன் ஆகியோரால் Q எனப் படும்) சிறிய ஏற்றம் p யானது அதன் இன்மை யாலோ அதனது பருமனும் அளவும் சிறிதாக இருக்கின்ற படியால் பலூனானது அதைத் தவறவிடுகின்றது என்பத னாலோ எப்பொழுதும் அவதானிக்கப்படுவதில்லை. இவ் வேளைகளில் கிடைக்கும் பதிவு படம் 15 (b) யில் காட்டி யுள்ளதைப் போன்றது.

கிஷ், வெயிற் (Gish & Wait) ஆகியோர் இடிமுழக்க மேகங்களின் முடிகளுக்கு மேலே பறக்கும் விமானங்களில் மின்பாயமானியைப் பயன்படுத்தி, அவ்விடிமுழக்கங்களி லுள்ள $P-N$ துவிமுனைப் பொதுப்பரம்பலை இன்னும் நன்ருய் உறுதிப்படுத்தும் சான்றுகளைப் பெற்றுள்ளனர் (§ 30).

34. இடிமுழக்கமேகங்களுடன் தொடர்புகொண்ட மின் கணியங்களின் பருமன்கள். முறையே P யும் N உம் ஆகிய தலைமை மேகவேற்றங்களின் உயரங்கள் H_1, H_2 ஆகியவற்றுடன் ஒப்பிட்டுப்பார்க்குமிடத்து தூரம் L மிகப்பெரிதாக இருக்குமாயின், சமன்பாடு (3·1) ஆனது

$$\triangle F_C = 2Q(H_1 - H_2)/L^3$$

அல்லது
$$2Q(H_2 - H_1) = -\triangle F_c \times L^3 \ldots\ldots (3.3)$$

என்னும் வடிவத்தைப் பெறும். இடக்கைப் பக்கத்தி லுள்ள கணியமானது இறக்கத்தில் பங்குபற்றும் இடி முழக்க மேகங்களினது மின் திருப்பங்களின் வித்தி யாசமாகும்; அது இறக்கத் துவி முனைவின் மின்திருப்பம் M எனப்படும். இக்கணியத்தைத் துணிவதற்கு, தொலை வான மேகப் பளிச்சீடொன்ருலாகும் புலமாற்றமும் இடைத்தூரம் L உம் தேவைப்படும். பெரிய பிரித்தானி யாவிலே[3] M இற்கு 1200 கூலோம்–கிமீ. போன்ற அத் துணைப் பெரிய பெறுமானங்கள் கிடைத்துள்ளபோதிலும், அக்கணியத்துக்குப் பெரும்பாலும் கிடைக்கும் பெறுமா னம் 110 கூலோம்–கிமீ. ஆகும். தென் ஆபிரிக்காவில் இக்கணியத்தின் சராசரிப் பெறுமானம் 90 கூலோம்–கிமீ.[4] ஆகும்.

$H_2 - H_1$ ஆனது அண்ணளவில் 2 கிமீ. ஆதலால், மின்னிறக்கமொன்றில் சராசரியாக நடுநிலையாக்கப்படும் மின்கணியம் Q வானது கிட்டத்தட்ட 20 கூலோம் ஆகும். இறக்கத்தின் நிலைக்குத்துமுகமான நீளம் மாருது இருக்கின்றது எனக் கொள்ளப்பட்டால், தனியான இறக்

கங்களில் Q வின் மாறல் வீச்சானது 2 இலிருந்து 200 கூலோம்வரை ஆகும். ஒவ்வோர் எடுத்துக்காட்டிலும் இந்நீளத்தை அளக்க முடியுமாஞல், ஒருவேளை மாறல் வீச்சானது இதனினும் சிறிதாகலாம்.

நிலத்தை அடையும் இறக்கங்களிடத்து தாழ்ந்த மறைமுனைவு மட்டுமே வழக்கமாகத் தொழிற்படும் ; அவ்விறக்கங்களின் சராசரி மின்திருப்பமானது மேகத்துள் நிகழும் இறக்கங்களினது சராசரித் திருப்பத்தின் வரிசையின் பாற்படும் எனக் காணப்பட்டுள்ளது.

தனி மேகப்பளிச்சீடொன்றின்போது மேகத்தில் மின்ணலை ஆக்கும் பகுதியின் மிகப்பெரும் அளவை அப்பளிச்சீடு மின்னிறக்கச் செய்கின்றது எனக் காணப்படுகிறது. மட்டான அளவில் தொழிற்படும் இடிமின்னற் புயலொன்று ஒவ்வோர் 20 செக்கனிலும் பளிச்சீடொன்றைத் தரும். இப்பளிச்சீடுகளுக்கு மட்டும் மின்னூட்டும் பொருட்டு, 1 கூலோம்/செக். என்ற சராசரி வீதத்தில் மறைக் குறிகளுடைய ஏற்றங்களை வேருக்கவேண்டும் ; எனவே, பிறப்பாக்கும் பொறியமைப்பானது சராசரியாக 1 அம் ஓட்டத்தை வழங்கல் வேண்டும். பளிச்சீடொன்றின் பின், தொடக்கத்தில், புலத்தின் விரைவான மீளவுண்டாக்கலைப்பற்றி ஏற்கெனவே § 32 இல் சுட்டிக் காட்டியிருக்கிறது. மேகவிறக்கங்களிடத்து, வழக்கமாக இம்மீளவுண்டாக்கலானது முழுப்புலத்தையும் கிட்டத்தட்ட 5 செக். இல் மீண்டும் தந்துவிடும் ; அந்நேரம்வரை மீளவுண்டாக்கல் நிகழ்கிறது என இங்கு கொள்ளப்படும். இத்தொடக்க ஏற்றவழங்கல் வீதமானது மாருது இருக்கின்றது எனவும் ஆஞல் ஏற்றங்களின் அபிவிருத்தி வீதம் குறையுமாறு தூண்டுகின்றதும் எந்த நேரத்திலுமுள்ள மின்கணியத்துக்கு விகிதசமஞனதுமான நடுநிலையாக்கும் எதிர் விளைவொன்று உளது எனவும் மீட்சி வளையிகளின் அடுக்குக் குறிவடிவம் உணர்த்துகின்றது.

புவியிலிருந்து N ஏற்றம் முகமாக மேலே பாயும் நேர்ப் புள்ளியிறக்க ஓட்டத்தின் சராசரிப் பெறுமானத்தை அளந்து மேகங்களுக்குக் கீழே இத்தகைய நடுநிலையாக்கும் அல்லது செலவாக்கும் விளைவுகள் உண்டு எனக் காட்டப்பட்டுள்ளது (§ 29). இவ்வோட்டமானது 2 அம். இன் வரிசையின்பாற்படும். இது போன்ற செலவாக்கும் ஓட்டமொன்று மறையேற்றத்தை மேல்வெளியிலிருந்து கொணர்ந்து P ஏற்றத்தை நடுநிலையாக்குகின்றது என்பதும் அவதானிக்கப்பட்டுள்ளது (§ 30). இவ்வோட்டத்தின் சராசரிப்பெறுமானம், கிட்டத்தட்ட 1 அம். ஆகும். ஆனால், சில வேளைகளில், அது 6·5 அம் ஐயும் அடையும்.

எனவே, மேகத்தால் பிறப்பாக்கப்படும் மின் சக்தியானது பங்களவில் மட்டும்தான் மின்னலிறக்க ஆக்கத்தில் செலவாகின்றது ; இறக்கமொன்றிற்குச் சற்றுமுன், பிறப்பாக்கும் பொறியமைப்பினது வலுவின் மிகப் பெரும் பகுதியானது தலைமைத் துவிமுனைவின் அபிவிருத்தியை எதிர்க்கும் பொசிவு விளைவுகளை மேலாளுவதற்குப் பயன் படுத்தப்படும். இப்பொசிவுச் செலவு காரணமாகப் புலமானது தீப்பொறிப் பெறுமானத்தை ஒருபோதும் அடையாமல் இருக்கலாம் ; இப்பொழுது மேகமானது மின்னூட்டப்பட்டுள்ள போதிலும் பளிச்சீடு ஆக்கப்படாமல் இருக்கும்.

சீ.ரி.ஆர். வில்சனால் தரப்பட்டுள்ள ஆய்வொன்றிலிருந்து தலைமை மேகவேற்றங்கள் இரண்டும் அடையும் உயர் வழுத்தத்தை மதிப்பிடமுடியும்.[10] முதன் முதலிலே ஆரை R கொண்ட கோளமொன்றிலே கொள்ளப்பட்டிருக்கும் ஏற்றம் Q வை எளிய எடுத்துக்காட்டாகக் கருதுக. அப்பொழுது, கோளப்பரப்பில், மின் புலமானது $F = Q/R^2$ என்பதால் தரப்படும். பலமான புலங்களில் நீரின் ஒழுகலாறு மக்கி (Macky) என்பவரால் ஆராயப்பட்டுள்ளது ; இறக்கமொன்றுண்டாவதற்கு, F கொண்டிருக்க

வேண்டிய உயர்வுப் பெறுமானம் 10,000 வோ./சமீ. அல்லது 33 நி.மி.அ. என அவரது பரிசோதனைகளிலிருந்து அறியக்கிடக்கின்றது. இப்பெறுமானமானது சாதாரண வளியிலுள்ள பெறுமானத்தின் மூன்றிலொன்றாகும். இதற்குக் காரணம் யாதெனில், பலமான மின்புலங்களில் நீர்த்துளியானது உறுதியில் நிலையை அடைகிறது என்பதும் அந்நிலையில் துளியின் எதிரான முனைகளிலிருந்து கூரிய இழைகள் இழுத்தெடுக்கப்படுகின்றன என்பதுமேயாகும். Q வானது சராசரிப்பெறுமானம் 20 கூலோம் அல்லது 6×10^{10} நி.மி.அ. உடையதாக இருக்குமிடத்து, மேற்படிச் சமன்பாடானது $R = 427$ மீ. எனத்தரும்; அப்பொழுது ஏற்றம்பெற்ற பகுதியின் பருமன் அளவுகள் 1 கிமீ. வரிசையின்பாற்படும். அப்பொழுது கோளத்தின் பரப்பில், அழுத்தம்,

$$V = Q/R = FR = 4{\cdot}2 \times 10^{8} \text{ வோல்ற்று.}$$

கோளத்துள், எங்கும் ஆரைமின்விசையானது தீப்பொறியை உண்டாக்குவதற்குப் போதியதாயிருக்குமாறல், அக்கோளத்தின் மையத்திலுள்ள அழுத்தம் $2FR$, அதாவது கிட்டத்தட்ட 8×10^{8} வோ. ஆகும். எனவே மறையேற்றங்களைக் காவும் இத்தகைய இரு கோளங்களுக்கிடையேயுள்ள அழுத்த வித்தியாசமானது $1{\cdot}6 \times 10^{9}$ வோ. ஆகும். மேகத்தின் இரு முனைவுகளும் இடையான படைகளாகப் பரம்பியிருக்கின்றன. அவற்றிற்கிடையே தடிப்பு D யுடைய நடுநிலையான பகுதியொன்றுளது என்ற முற்றிலும் வேறுபட்ட அடிப்படையிலிருந்தும் மேற்படிப் பேறு போன்றதொன்று கிடைக்கும். F, 10,000 வோ./சமீ. உம் D, 2 கிமீ. உம் எனில், இப்படைகளுக்கிடையேயுள்ள அழுத்தவித்தியாசமானது, 4×10^{9} வோ. ஆகும்.

எனினும், ஏற்றம்பெற்ற பகுதிகளின் பரப்புக்களில், புலத்தின் சராசரிப் பெறுமானமானது, 10,000 வோ./சமீ. ஐக் காட்டிலும், உணரத்தக்கவளவில் குறைவாக இருக்கின்றது என மின்னலிறக்க அபிவிருத்தி முறைபற்றி அண்மைக்காலத்தில் நடாத்திய ஆராய்ச்சி சுட்டுகிறது, (அதிகாரம் IV). எல்லைப்பட்ட பகுதியொன்றில், புலம், கணநேரப் பெறுமானம் 10,000 வோ./சமீ. கொண்டதாக இருக்குமிடத்து, குறுகிய வழிகாட்டிக் கொடியொன்று ஆக்கப்பட்டதும், மேற்படிப் பெறுமானத்தின் பத்தி லொன்றை மட்டும் கொண்ட புலங்களிலும் கூட அது தொடர்ந்து விருத்தியடைய முடியும். ரேஸ் கன்[7] என்பவரால் இடிமுழக்க மேகங்களுள்ளே நடாத்திய பரிசோதனைகள் இம் முடிவை ஆதரிக்கின்றன ; ஏனெனில், நோக்கு விமானம் மீது இறக்கமொன்று படச் சற்றுமுன் கிடைத்த "திரிவில் புலத்தின்" மிகு உயர்ந்த பெறுமானம் 1600 வோ./சமீ. ஆகவும், ஒன்பது வெவ்வேறான இடிமுழக்கங்களுக்குச் சராசரி உயர்வுப் பெறுமானம் 1300 வோ./சமீ. ஆகவும் இருந்தன எனக் காட்டப்பட்டுள்ளது. F ஆனது மேலே பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள பெறுமானத்தின் ஒன்பதிலொன்றைக் கொண்டிருந்தால், ஏற்றம்பெற்ற கோளப் பகுதியின் விட்டம் ($2R$) 2·5 கிமீ. உம், இறக்கத்துக்குச் சற்றுமுன் அடைந்த அழுத்தம் $1{\cdot}4 \times 10^8$ வோ. உம், முனைவுகளுக்கிடையேயுள்ள அழுத்த வித்தியாசம் $2{\cdot}8 \times 10^8$ வோ. உம் ஆகின்றன. அழுத்தங்களுக்குத் தரப்பட்ட இப்பெறுமானங்கள் கீழெல்லைகளாக இருக்கலாம்.

இவ்வண்ணம் மின்னலிறக்க மொன்றில் 20 கூலோம் மறைவால், குறைந்த மட்டில் 6×10^{16} எக். அல்லது $1{\cdot}6 \times 10^9$ கலோரி செலவாக நேரிடும் என மதிப்பிடப்

பட்டுள்ளது ; அதில் மிகப் பெருமளவு, மின்னற் பளிச்சீட்டின் பாதைவழியே, வெப்பமாக மாற்றப்படு கிறது. ஒவ்வோர் 20 செக். இலும் பளிச்சீடு தரும் மேகமொன்று குறைந்தபட்சத்தில் 3×10^5 கிவா. என்ற சராசரி வீதத்தில் மின்சக்தியை மின்னல் வடிவில் தொடர்ந்து செலவாக்குகின்றது. மேலும், மேகத்துக்கு மேலேயும் கீழேயும் 2 அம். வரிசையின்பாற்படும் ஓட்டங்களைப் பேணும்பொருட்டு இன்னும் 6×10^5 கிவா. வேண்டியதாய் இருக்கின்றது.

மேற்கோள் ஆராய்ச்சிக் கட்டுரைகள்

[1] C. E. P. Brookes, *Met. office Geophys. Memoir*, No. 24 (1925).

[2] C. T. R. Wilson, *Proc. Roy. Soc.*, A, **92** P. 555 (1916); Phil. Trans., A, **221**, P. 73 (1921).

[3] T. W. Wormell, *Phil. Trans.*, A, **238**, P. 249 (1939).

[4] B. F. J. Schonland, *Proc. Roy. Soc.*, A, **118**, P. 233 (1928); A, **114**, P. 229 (1927) (with J. Craib).

[5] E. V. Appleton, R. A. Watson-Watt and J. F. Herd, *Proc. Roy. Soc.*, A, **111**, P. 654 (1926).

[6] G. C. Simpson and F. J. Scrase, *Proc. Roy. Soc.*, A, **161**, P. 309 (1937).

[7] R. Gunn, *Phys. Rev.*, **71**, P. 181 (1947).

[8] F. J. Whipple and F. J. Scrase, *Met. Office Geophys Memoir*, 68 (1936).

[9] G. C. Simpson and G. D. Robinson, *Proc. Roy. Soc.*, A, **177**, P. 281 (1940).

[10] C. T. R. Wilson, *Fourn. Franklin Inst.*, **208**, P. 1 (1929).

அதிகாரம் IV

மின்னல் இறக்கம்

35. பொதுவான அமிசங்கள். மிகக் கூடுதலான அளவில் தோற்றும் மின்னல் வகை **மேகவிறக்கமே.** மேகப் பளிச்சீடுகளுள் பெரும்பான்மையானவை மேகத்துவிமுனை வின் தலைமை ஏற்றங்களான P, N என்பவற்றிற்கிடையே செல்கின்ற இறக்கங்கள் எனப் புலமாற்றப் பதிவுகளிலி ருந்து அறியக்கிடக்கின்றபோதிலும் (படம் 15), N என்னும் ஏற்றத்துக்கும் அதற்குக் கீழான நேரேற்றத்துக்கும் இடையேயும் வேறு பளிச்சீடுகள் செல்கின்றன என்பதற்குச் சான்றுகள் உள ; பிந்திய ஏற்றமானது ஒன்றில் படம் 15 இலுள்ள சிறு p இடைவெளி ($N-p$ **இறக்கம்**) அல்லது மேகத்துக்குக் கீழேயுள்ள வளியிலிருக்கும் நேரிட ஏற்றமாகும் (**வளி–இறக்கம்**).

இதுபோன்ற பளிச்சீடு வகையொன்று P ஏற்றத்துக் கும், மேல் வளியிலிருந்து மேகத்தின் உச்சிக்கு, அல் லது அவ்வுச்சிக்குச் சரி மேலே இருக்கின்ற வளிக்கு, இழுக்கப்படும் மறையேற்றத்துக்குமிடையே நிகழலாம் ; அவ்வகையில் இரவில் இடிமுழக்கமேகங்களின் திரண முடிகளிலும் அவற்றிற்கு மேலேயுள்ள பகுதிகளிலும் எல்லைப்படுத்தப்பட்ட பல மேகப் பளிச்சீடுகள் அடங்கும்.

§ 33 இல் காட்டியுள்ளவாறு, நிலவிறக்கங்களுள் பெரும்பான்மையானவை N பிரதேசத்திலிருந்து மறை யேற்றத்தை நீக்கும். இவ்விறக்கங்கள் வழக்கமாக N ஏற்றங்களுக்கும், p ஏற்றங்கள் அல்லது வளியிலுள்ள நேர் இடவேற்றத்திற்குமிடையேயுள்ள வன்புலங்களால் தொடக்கி வைக்கப்படுகின்றன என்பதற்கும், அது காரண மாக $N-p$ இறக்கம் அல்லது நிலம் வரை செல்லும்

வளியிறக்கம் நிகழ்கின்றது என்பதற்கும் சான்றுகள் பெருமளவில் உள. எனவே, சிறிதானதும் கீழானதுமான நேரேற்றமானது நடுநிலையாக்கப்பட்டபின், எஞ்சியிருக்கும் மறையேற்றமானது இத்தகைய இறக்கங்களின் முதல் நிகழும் அடிப்புகளால் நிலத்துக்குக் கொண்டு செல்லப்படும்.

மின்னலிறக்கத்தின் வெவ்வேறுன வடிவங்கள் பற்றியும் அவ்வவற்றின் விளைவுகள் பற்றியும் மேற்கோள் 1 இல் பொதுவாக விவரித்துக் கூறப்பட்டிருக்கின்றது.

மேகத்தில் நிகழும் மின்னற் பளிச்சீடுகள், நிலத்தை அடையும் பளிச்சீடுகள் ஆகியவற்றுள் பல சிமிட்டுந் தன்மை உடையதாய்க் காணப்படுகின்றன. இறக்கமானது பல வெவ்வேறுன கூறுகள் அல்லது அடிப்புகளைக் கொண்டுள்ளதே இதற்குக் காரணம் என இவ்வாராய்ச்சியில் ஆரம்ப காலத்துப் படப்பெட்டியைப் பயன்படுத்தியுள்ள வால்றரும் (Walter) மற்றையோரும் காட்டியுள்ளனர். முழுப் பளிச்சீடொன்று, செக்கனென்றிற்கு மேலே நீடித்திருக்கின்ற போதிலும், பொதுவாக அடிப்புக் கூறுகளின் ஒளிர்வானது ஒரு சில மில்லி செக்கனில் மறைந்துவிடும். அடிப்பொவ்வொன்றிற்கும் பின், அவ்வவற்றின் பாதையிலுள்ள அயனுக்கம் இலத்திரன் பற்றுதலாலும், மீளச் சேரல், பரவல் ஆகியவற்ருலும் பெருமளவில் குறைக்கப்பட்டிருக்கின்ற போதிலும், அடுத்து வரும் அடிப்புக்கு ஆயத்தமான பாதையொன்றை வழங்குவதற்கு அவ்வயனுக்கம் வழக்கமாகப் போதிய வளவில் எஞ்சியிருக்கும் ; அப்பாதையிலே அடிப்புச் செல்லும். எனினும், நேரவிடையானது வழக்கத்துக்கு மாருக, மிக நீண்டதாயிருக்குமானல், பாதையிலுள்ள அயனுக்கம் பெருமளவில் குன்றிவிடும் ; அப்பொழுது பின்ருெடரும் அடிப்பானது பிறிதொரு பாதையில் செல்லலாம்.

அடிப்புகளுக்கிடையேயுள்ள இடை நேரங்களில், மேற்படி பாதையானது காற்றினால் அடிக்கடி பல மீற்றர் தூரம் பெயர்வுறலாம்; அவ்வேளைகளில், இறக்கத்தின் தொடர்ச்சியற்ற இயல்பானது **நாடாமின்னல்** ஆகக் காட்டப்படும்.

புவிக்குச் செல்லும் மின்னலிறக்கத்தின் கிளைவிட்டுப் பிரிதலானது, கிட்டத்தட்ட எப்பொழுதும் அடிப்புத் தொடரொன்றின் முதலாவது அடிப்பிலே நடைபெறும் என அசையும் படப்பெட்டிகள் தரும் பதிவுகள் காட்டுகின்றன.

நிலத்தை அடையும் தனிப்பளிச்சிடுகளில் இதுவரை நோக்கப்பட்ட அடிப்புகளின் உயர்வெண் 42 ஆகும். அடிக்கடி கிடைப்பது 3 அல்லது 4; தனி அடிப்பு இறக்கங்களும் வழக்கமானவை. அடிப்புகளுக்கிடையேயுள்ள நேரவிடையானது மாறுந்தன்மையுடையது; அது பெரும்பான்மையாக 0·03 இலிருந்து 0·07 செக். வரையான வீச்சில் கிடக்கும்.

36. மின்னிறக்கத்தில் ஒளிரும் அருவிக் கொடிமுறைகள். (*a*) **பரிசோதனை முறைகள்.** மின்னலிறக்கத்தில் ஒளிர்வு முறைகளின் இயல்பை ஆராய்தற் பொருட்டுச் சேர் சால்ஸ் போயிஸ் (Sir Charles Boys) என்பாரால் திட்டமிடப்பட்டுள்ள உயர்வேக ஒளிப்படப் பதிவுசெய் முறையொன்று பெருமளவில் பயன்படுத்தப்பட்டிருக்கின்றது. வில்லைக்கும் படலத்துக்குமிடையே தொடர்பியக்கம் ஏற்படுமாறு படப்பெட்டி ஆக்கப்பட்டிருந்தால், இரு பரிமாண வெளியிலுள்ள எந்த ஒளிர்வு நிகழ்ச்சித் தொடரொன்றின் பதிவிலும், முந்தும் நிகழ்ச்சிகள் குறித்து பிந்தும் நிகழ்ச்சிகள் படிப்படியாகப் பெயர்க்கப்பட்டிருக்கும் வண்ணம் அப்பதிவு திரிவுற்றிருக்கும். அப்பொழுது, மின்னலிறக்கமொன்றின் திரிவுற்ற படத்தை, அசைவில் படப்பெட்டியொன்றில் எடுக்கப்பட்டதுடன் ஒப்பிட்டு—

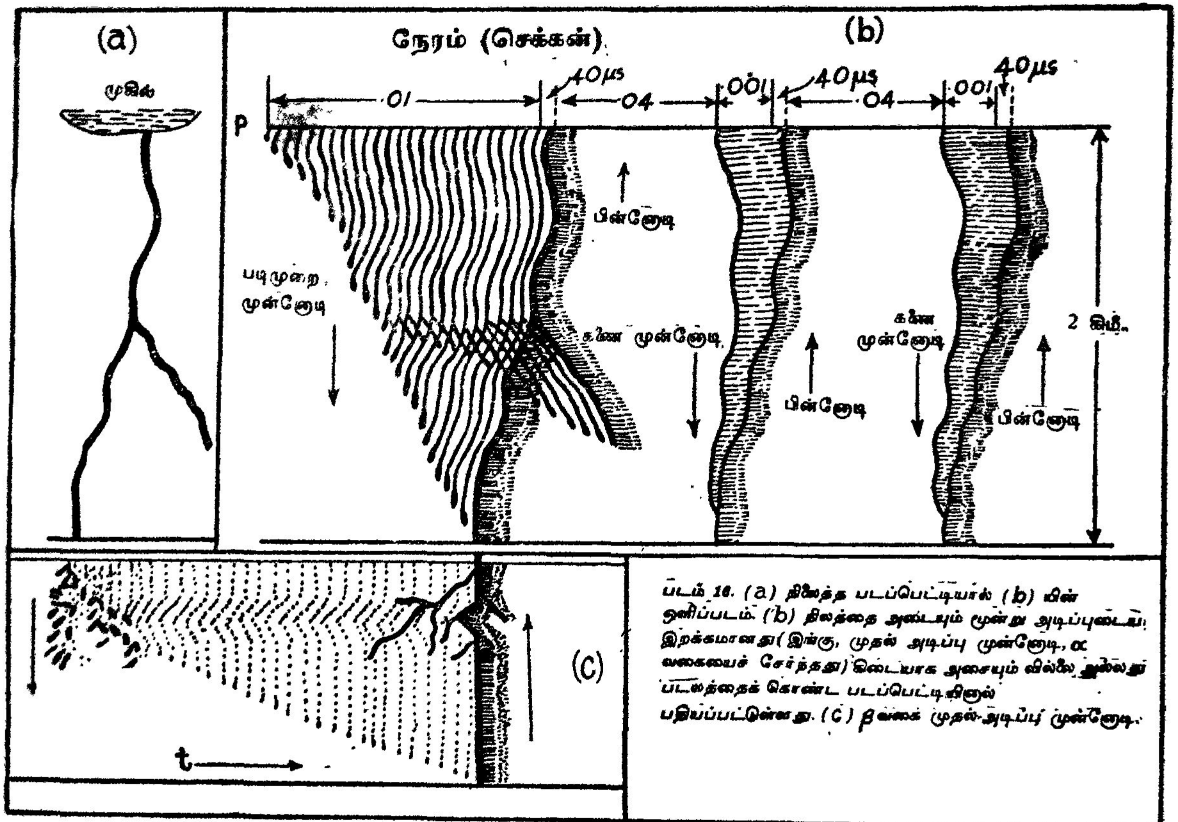
பார்த்தால், பாதையின் வெவ்வேறு பகுதிகளில், எந்த வரிசையில் ஒளி காலப்பட்டுள்ளது என்பதை அறியலாம். இருந்தாலும் ஒப்பீட்டையிட்டு நிலைத்த படப் பெட்டிக்கும் அசையும் படப் பெட்டிக்கும் செம்மையாக நிறுவப்பட்டுள்ள மாட்டேற்றுக் கோடொன்று தேவைப் படுகிறபடியால், திரிவு பெரிதாக இராவிட்டால், இம்முறை, நடைமுறையில் மிகச் சிக்கலானதாக இருக்கும். போயிசின் படப் பெட்டியில், வட்டமொன்றில் சுற்றும் இரு வில்லைகளைப் பயன்படுத்தி, இத்தொல்லை நீக்கப்படுகிறது ; இவ்வில்லைகள் எதிர்த்திசைகளில் திரிவுற்ற படங்களைத் தரும் ; மேலும், வட்டத்தின் விட்டமொன்றால் மாட்டேற்றுக் கோடொன்று தரப்படும். இத்தத்துவத்தைப் பயன்படுத்தி, 1 மைக்கிரோசெக்கன் நேரத் துணிபுடன், இறக்கத்தில் தோன்றும் நிகழ்ச்சிகள் கூர்ந்து கவனிக்கப்படுகின்றன. போயிசின் படப்பெட்டியினதும் தென் ஆபிரிக்காவில் நூலாசிரியராலும் அவரது சகாக்களாலும் பயன்படுத்தியுள்ள அப்படப்பெட்டியின் பிந்திய வகைகளினதும் முழு விவரங்கள் மேற்கோள்கள் 1 இலும் 2 இலும் தரப்பட்டுள்ளன.

(*b*) **பொது முடிவுகள்.**[1,3] நிலத்தை அடையும் இறக்கமொன்றின் வெவ்வேறான அடிப்பொவ்வொன்றும் இருமையியல்புடையது எனக் காணப்பட்டது. முன்னோடி அருவிக்கொடி எனப்படும் கீழ்முகமாக அசையும் ஒளிர்ப்பு முறையொன்று நிலப்பரப்புக்கு அணித்தாக வந்ததும், அதனினும், மிகு விரைவானதும் ஒளிர்வுச் செறிவுமிக்கதுமான தலைமை அருவிக்கொடியொன்று உண்டாகி, முந்தியதின் பாதை வழியே, ஆனால் எதிர்த் திசையிற், செல்லும்; பிந்தியது, பின்னோடி அருவிக்கொடி எனப்படும். இயல்பில் முதலாவது அடிப்பின் முன்னோடி அருவிக்கொடியானது பிந்திய அடிப்புகளினது முன்னோடி அருவிக் கொடிகளிலிருந்தும் வேறுபடும் ; அது நிலத்தை அடை

தற்குப் பிந்தியவற்றைக் காட்டிலும் பத்து மடங்கு நேரம் எடுக்கும் ; மேலும், அதனது ஒளிர்வானது தொடர்ச்சி யாக இராது இடையிட்டதாகவே இருக்கும்.

(ஷொன்லந்து, மாலன், கொலின்சு ஆகியோரால் தரப்பட்டுள்ள) படம் 16 (b) யில் மூன்று அடிப்புகளுடைய இறக்கமொன்றுகிய எடுத்துக்காட்டொன்றிலே இப்பேறு கள் காட்டப்பட்டிருக்கின்றன ; இங்கு, இறக்கமானது தனிவில்லை கொண்ட படப்பெட்டியொன்றுல் படம் பிடிக்கப்பட்டுள்ளது ; மேலும், வில்லையானது, நேர்கோ டொன்றில், இடமிருந்து வலமாக அசைந்துள்ளது. நிலைத்த படம் (a) யுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்குமிடத்து இடைப் பெயர்வுகள் புள்ளி P யிலிருந்து அளக்கப் படும் நேரங்களைக் குறிக்கின்றபடியால், மேற்படி பட மானது உண்மையிலே, வெளியில் இரு பரிமாணங்களும் நேரத்தில் ஒரு பரிமாணமும் உடையது. விளக்கப்படத் தில் மேற்படி பெயர்வுகள் சீரான அளவிடை முறைப் படி காட்டப்படவில்லை. போயிசின் படப்பெட்டியில், எதிர்த்திசைகளில் அசையும் வில்லைகளால் இரண்டு ஒருங் கமையும் படங்கள் கிடைக்கின்றன ; எனவே, நிலைத்த படிவம் தேவைப்படாது.

முதலாவது அடிப்பின் முன்னேடி அருவிக்கொடி யானது படித்தொடரொன்றில் செல்லுகின்றது எனப் படம் காட்டுகின்றது. ஒவ்வொரு படியினதும் நீளம் கிட்டத்தட்ட 50 மீ. ஆகும். (நீளத்தின் வீச்சு 10 இலிருந்து 206 மீ. வரை) ; படிகளுக்கிடையே (31 இலிருந்து 91 மைக்கிரோசெக். வரையுள்ள) மட்டான அளவில் ஒழுங் கான நிறுத்தங்கள் உள. நிறுத்த மொவ்வொன்றிற் கும் பின், கிட்டத்தட்ட எல்லாவற்றிலும், பாதையில் ஒரு திசை மாற்றம் உண்டு ; அத்திசை மாற்றங்களே மின்னற் பாதையின் வளைவு நெளிவுக்குக் காரணமாகும். இதுபோன்று, முன்னேடி அருவிக்கொடியின் கிளைகள்



படம் 16. (a) நிலைத்த படப்பெட்டியால் (b) மின் ஒளிப்படம் (b) நிலத்தை அடையும் மூன்று அடிப்புடைய இறக்கமானது (இங்கு, முதல் அடிப்பு முன்னோடி, α வகையைச் சேர்ந்தது) இடையாக அசையும் வில்லை அல்லது படலத்தைக் கொண்ட படப்பெட்டியினால் பதிப்பட்டுள்ளது. (c) β வகைக் முதல்-அடிப்பு முன்னோடி.

படிப்படியாக விருத்தியடைகின்றன ; முதலாவது அடிப் பிலே மட்டும் வழக்கமாகக் காணப்படுவனவான அக்கிளைகள் தலைமைப் பாதையிலிருந்து பிரிந்து புறமுக மாகச் செல்லும். படியொவ்வொன்றும் மேகத்திலிருந்து கீழ்முகமாக நீட்டியிருக்கும் நீண்ட அருவிக்கொடியொன் றின் துலக்கமிக்க முனையாகும் ; அக்கொடியின் தண் டானது மங்கலாகவே ஒளிரும்.

படிப்படியான முன்னோடி அருவிக்கொடித் தொகுதி யின் மிக முன்னேறிய கிளையானது 15 முதல் 50 மீ. வரையுள்ள தூரம் அளவில் நிலத்தை அணுகியதும், பின்னோடி அருவிக்கொடியானது இரண்டிற்குமிடையே யுள்ள வெளியைத் தாவி, கிளையொவ்வொன்றிலும் புற முகமாக ஓடி, நிலத்திலிருந்து மேகத்தை விரைவாக அடையும். தொடக்கத்தில் படிப்படியான முன்னோடி யருவிக்கொடியால் மில்லி செக்கன்களில் ஆக்கப்பட்ட பாதையின் பாகங்கள் வழியாகச் செல்லுவதற்கு, மேற் படி முறையானது, மைக்கிரோசெக்கன்களை எடுக்கும்.

படிப்படியான முன்னோடி அருவிக்கொடிகள் இரு வகையானவை. α வகை முன்னோடி அருவிக் கொடியில், படிகள் குறுகியிருக்கும் ; அவை அத்துணைத் துலக்க மாக இராதபடியால் அவற்றைப் படம்பிடிப்பது அடிக்கடி தொல்லையாகவே இருக்கும் (படம் 16 (b)). β வகை முன்னோடி அருவிக்கொடியின் பாதையில் (படம் 16 (c)), கீழ்ப்பாகம் மந்தமான α வகைப் படிகள் உடையதாகவும், மேற்பாகம் மேற்படி படிகளைக் காட்டிலும் நீண்ட துலக்க மான படிகள் உடையதாகவும் இருக்கும். இவ்வித்தியாச மானது பாதையின் மேற் பாகத்தில் படர்ந்திருக்கும் கிளையுடனும் தொடர்புள்ளது. மேகத்துக்குக் கீழே, வளியில் நேரிடவேற்றம் இருக்கிறபடியால், முன்னோடி அருவிக்கொடியினது பாதையிலே ஏனைய பாகங்களைக் காட்டிலும் அதன் உச்சியில், வன்மின்புலமொன்று

உளது என இவ்வித்தியாசம் உணர்த்துகிறது. மேகத்துக்குக் கீழே, வளியில் தோற்றும் நிகழ்ச்சிகளின் படப்பெட்டி முறைப் பதிவுகள் முன்னோடிக் கொடிகளுள் 10 சதவீதம் மட்டுமே β வகையைச் சேர்ந்தவை எனச் சுட்டு இன்றபோதிலும், உண்மையில் ஏனைய வகைகளைக்காட்டிலும் இவ்வகையே கூடுதலாக நிகழ்கின்றது என முன்னோடி அருவிக் கொடியில் நடாத்தப்பட்ட மின்புல ஆய்வுகள் காட்டுகின்றன. முன்னோடி அருவிக் கொடியின் β க் கட்டமானது வழக்கமாக மேகத்தில் மறைக்கப்பட்டிருக்கும்; அதன் ஆக்கத்துக்குத் தேவையான உயர்புல வட்டாரங்கள் படம் 15 இல் காட்டியுள்ள N ஏற்றங்களுக்கும் p ஏற்றங்களுக்குமிடையே கிடக்கும் எனக் கருதலாம்.

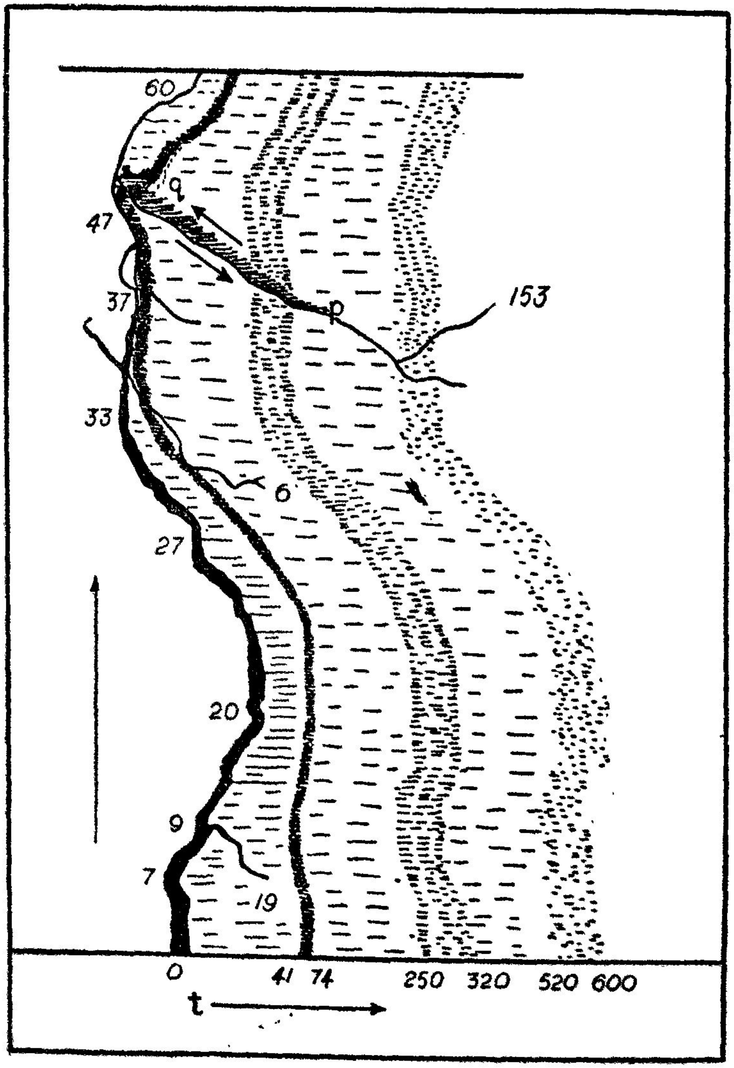
முதலாவது அடிப்படைப் பின்ருெடரும் அடிப்புகளிடத்து, முன்னோடி அருவிக்கொடியானது படிப்படியாக இராது, தொடர்ச்சியாக நிலத்துக்குச் செல்லும். படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு, இது (நேர பரிமாண) முதல் தொடர்ச்சியான, துலக்கமான கோடொன்ருகவும், அடுத்து அதனினும் மங்கலான தொன்ருகவும் பதிவில் தோன்றும். முன்னோடிக் கொடியானது விரைந்து செல்லும் எறிவேல் அல்லது ஏவுகணை வடிவமுடையது எனவும், அதில் கிட்டத்தட்ட 40 மீ. நீளமுடைய துலக்கமான பாகமொன்றும், மேகம் வரை பின் நீட்டியிருக்கும் நீண்ட மங்கலாக விளங்குகின்ற தண்டொன்றும் உள எனவும், இப்படம் உணர்த்துகிறது. இக்காரணத்தாலேயே இது ஏவுகணை முன்னோடி எனப்படும். முடிவடைந்த அடிப்பொன்றிற்கு அடுத்ததாக, மிகப் பெருமளவான தாமதத்துடன், தோன்றும் அடிப்பு மட்டுமே மேற்படித் தொடர்ச்சியான அசைவுக்கு விலக்காகும். அப்பொழுது, ஏவுகணை முன்னோடியானது மிகு மந்தமாகவே இருக்கும்; அதன் நீளத்தின் பகுதியொன்றில்

படிப்படியான விருத்திமுறை அடிக்கடி காணப்படும்; அதன் முன்றேன்றல்களின் பாதைகளிலிருந்து வேறு படும் பாதையொன்றில் அது செல்லும்.

முதல் அடிப்புப் பின்னேடி அருவிக் கொடியின் பதி வொன்று மாதிரியாகப் படம் 17 இற் காட்டப்பட்டிருக்கின் றது. இவ்வருவிக்கொடியின் தொடக்கம் 0 விலிருந்து, நேரம் மைக்கிரோசெக்கனில் குறிக்கப்பட்டிருக்கின்றது.

நிலத்துக்கும் மேகத்துக்குமிடையேயுள்ள தூரமானது கிட்டத்தட்ட 2 கிமீ. ஆகும். அத்தூரத்தைக் கடந்து செல்லக் கொடியானது 60 மைக்கிரோசெக். எடுக்கும். கொடியானது இன்னும் 600 மைக்கிரோசெக்கனுக்குத் தொடர்ந்து மேகத்திலிருந்து ஏற்றத்தை நீக்குகின்றது எனப் படம் காட்டுகின்றது. கொடி மேல்முகமாகச் செல்லும்போது அதனது துலக்கமும் வேகமும் குறைந் துகொண்டே போகிறபோதிலும் அவ்வருவிக்கொடி, கிளைப்புள்ளியொவ்வொன்றையும் அடையுமிடத்து அவை திடீரென மீட்டுயிர் பெறுகின்றன. மாலன், கொலின்ஸ்[4] ஆகியோரின் விரிவான ஆராய்ச்சிகள் காட்டியுள்ளவாறு, கிளையொன்றிலிருக்கும் ஏற்றத்தால் நிலத்திலிருந்து புதிய மின்னேட்டமொன்று தோற்றுவிக்கப்படும் என்பதால் இது உணர்த்தப்படுகின்றது. இவ்விளைவுகள் காரணமாக, பாதையின் அடியிலுள்ள ஓட்டமானது (*M* கூறுகள் எனப்படும்) குமுறலான ஏற்றவிறக்கங்களுக்கு உள்ளாகும். இன்னும் (படம் 17 இலுள்ள கடைசி இரண்டு போன்ற) ஏற்ற விறக்கங்களும் உள; அவை மேகத்தில் மறைந்து இருக்கும் முறைகளால் உண்டாக்கப்படும். பின்றொடரும் அடிப்புகளிடத்து, வழக்கமாகத் பின்னேடிக்கொடியின் செல்பாதையிலே கிளைகள் இல்லாதபடியால், பிந்திய ஏற்றவிறக்கங்கள் மட்டுமே அவதானிக்கப்படும்.

ஏற்கெனவே விவரித்துக்கூறியுள்ள ஏவுகணை, பின்னேடி, அருவிக்கொடிகள், படிமுறை அருவிக்கொடிகள் எனப்படும் மூன்று முறைகளினதும் சராசரி வேகங்கள்



படம் 17. பின்னேடி அருவிக்கொடியின் கால அட்டவணை (மாலன், கொலின்ஸ்) (நேரம் μ. செக்கனில்).

முறையே செக். இல் 2000 கிமீ. ஆகவும், 20,000 கிமீ. ஆகவும், 10,000 கிமீ. இற்குக் கூடுதலாகவும் இருக்கும். தனியான படிகள் 10,000 கிமீ./செக். ஐ மீறும் வேகத்துடன் முன்னேக்கித் தள்ளப்படுகின்ற போதிலும், படம் 16 இல் காட்டப்பட்டிருக்கிறதுபோல, முழுப்படிமுறை அருவிக்கொடி முறையானது மந்தமாகவே இருக்கும்; எனெனில், அதன் மிகப் பல நிறுத்தங்கள் காரணமாக, அம்முறையானது 300 கிமீ. / செக். ஐ மிகு அரிதாகவே விஞ்சும் பயன்படு வேகத்தையுடையது; அவ்வேகம் 100 கிமீ./செக். போன்று மிகக் குறைவாகவும் இருக்க முடியும்.

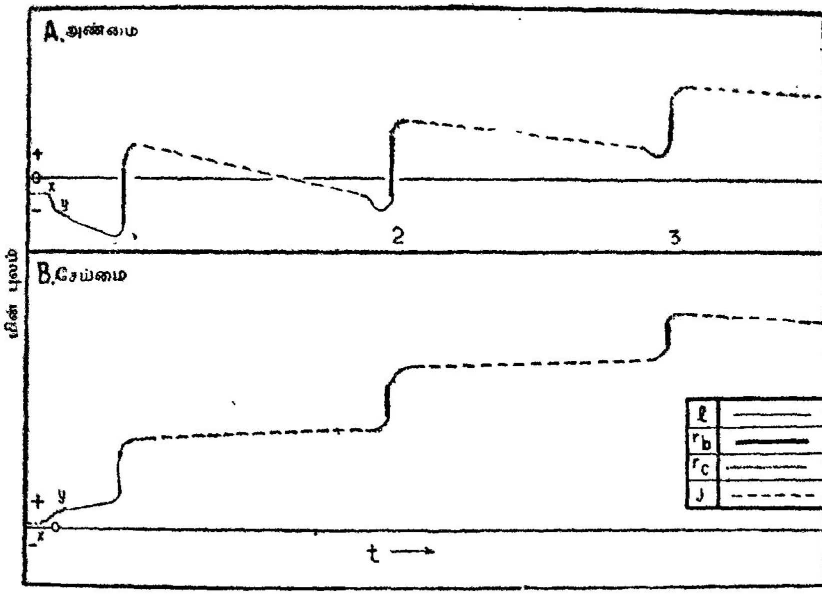
1250 அடி உயரமுடைய எம்பயர் ஸ்ரேற் (Empire State) கட்டிடம் போன்ற மிகு உயரமான கட்டிடங்களிடத்து, மின்னலிறக்கமானது மேல் முகமாகத் திசைப்படுத்தப்பட்ட, படிமுறை அருவிக் கொடியொன்றுடன் அடிக்கடி தொடங்கும் எனவும், அவ்வருவிக்கொடியானது நிலத்திலிருந்து மேகத்துக்குச் செல்லுகின்றது எனவும், அதைப்பின்னேடி முறையொன்று பின்றொடர்வதில்லை எனவும் மக்கீக்கிரனும், ஹேகன்குத்தரும் (McEachron and Hagenguth)[5] காட்டியுள்ளனர். இவ்வண்ணம் இயற்றப்பட்ட பாதையில் மின்னேட்டமானது சற்று நேரம் தொடர்ந்து பாயும்; அதற்குப்பின் மேல் முகமான பின்னேடிக் கொடியொன்றுல் பின்றொடரப்படும் பொதுவானதும் கீழ்முகமானதுமான எவுகணை முனனேடிக் கொடியொன்றுனது இரண்டாவது அடிப்பையும் அதற்குப் பின்வருகின்றவற்றையும் இயற்றும்.

37. மின்னல் முறைகளுடன் தொடர்புள்ள நிலை மின் புலமாற்றங்கள். § 36 இல் விவரித்துக் கூறியுள்ள முறைகள் மின்புலமாற்றங்களைத் தோற்றுவிக்கின்றன; § 32 (*d*) யில் தரப்பட்டுள்ள பெருக்கி–அலைவுபதிகருவி

முறையை அல்லது § 17 இல் தரப்பட்டுள்ள மின்பாய மாணியைப் பயன்படுத்தி, அம்மாற்றங்களை மிகச் செம்மையாக ஆராயமுடியும்.

பதிவுசெய் கருவிக்குச்[6, 7] சரி நேரடி மேலே இராது, ஆனால் அணித்தாக (3–5 கிமீ.) இருக்கின்றதும் மூன்று அடிப்புகள் உடையதுமான நிலவிறக்க மொன்றால் ஆக்கப்படும் புலமாற்றங்களின் பொது வடிவமானது படம் 18 (A) யில் காட்டப்பட்டிருக்கின்றது. பளிச்சீடானது மட்டான (12–20 கிமீ.) தொலையில் இருக்கும்போது மேற்படி, புலமாற்றங்களின் வடிவம் படம் 18 (B) யிற் காட்டப்பட்டிருக்கின்றது. § 40 இல் விவரித்துக்கூறியுள்ளவாறு இவ்வெடுத்துக்காட்டில், தூண்டலாலும் கதிர்ப்பாலும் உண்டாகும் புல மாற்றங்கள் நிலைமின் புலப் பதிவுமீது மேலடுக்கப்பட்டிருக்கும். ஆகவே, தெளிவையிட்டு அவை படம் 18 (B) யிலிருந்தும் நீக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

எவ்வாறு புலமாற்றப்பதிவின் வெவ்வேறு பாகங்கள், போயிசுப் படப்பெட்டியால் நோக்கப்பட்டுள்ள வெவ்வேறு அருவிக்கொடி முறைகளுடன் இணைக்கப்படுகின்றன என்பது விளக்கப்படத்தில் காட்டப்பட்டிருக்கின்றது. பதிவின் l பகுதிகள் முன்னோடி அருவிக்கொடிகளின் கீழ்முகமான அசைவுகளுடனும், r இன் இரு பகுதிகளாகிய r_b உம் r_c உம் மேல்முகமான பின்னோடி அருவிக்கொடியுடனும் ஒத்திருக்கின்றன. எஞ்சியிருக்கும் j பாகமானது அருவிக்கொடிமுறையொன்றுடன் ஒத்திருக்கின்றது ; அம்முறையானது மேகத்துள் நிகழ்கின்றபடியால் அதைப் படம்பிடித்துக் காட்ட முடியாது. இத்தகைய பதிவுகளை நுணுக்கமாக ஆய்ந்தால், கீழ்வரும் முடிபுகளுக்கு நாம் வர முடியும்.



படம் 18. நிலத்தை நோக்கிய மின்னிறக்கமொன்றாலாகும் நிலைமின்னியற் புலமாற்றங்கள் (ஷொன்லந்து, மாலன்).

(1) முன்னோடி (*l*) அருவிக்கொடியாலாகும் புல மாற்றங்கள். அணித்தாக இருக்குமிடத்து, கொக்கி வடிவுடைய மறைப்புல மாற்றங்களும், தொலையில் இருக்குமிடத்து பரவளைவான நேர் மாற்றங்களும் ஆக்கும் இவ்வருவிக் கொடிகள், முன்னோடி அருவிக்கொடிகளால் மறையேற்றங்கள் நிலமுகமாகத் தாழ்த்தப்படுகின்றன எனத் தெளிவாகக் காட்டுகின்றன. ஏற்றமானது பாதை வழியே பரம்பியிருக்குமிடத்து, இவை அவ்வேற்றத்தைத் தொடக்கவுயரம் H_2 இலிருந்து எடுத்து தாழ்வான பயன்படு உயரம் H_1 இல் சேர்க்கின்றபடியால் (§ 33, சமன்பாடு 3.1), அவற்றின் தேறிய புலமாற்றங்கள் தூரத்துடன் குறியில் புறமாறும்.

படம் 18 இலுள்ள முதலாவது அடிப்பின் முன்னோடி அருவிக்கொடியாலாகும் புலமாற்றமொன்றில், அதனது பிற்பகுதியைக் காட்டிலும் முற்பகுதி *xy* யே மிக உயரிய சரிவுடையது எனக் காணப்படும். முன்னோடி

அருவிக்கொடியானது β வகையைச் சேர்ந்திருப்பதாலும் (§ 36 *b*), அதனது இறுதிக் கட்டத்தைக் காட்டிலும் தொடக்கக் கட்டத்திலேயே ஏற்றத்தை மிக விரைவாகத் தாழ்த்துகின்றபடியாலும், இது நிகழ்கின்றது.

படம் 18 இல் காட்டியுள்ளது போல, முதலாவது படிமுறை முன்னோடி அருவிக்கொடியைக் காட்டிலும் பின்வரும் அடிப்புகளின் ஏவுகணை முன்னோடி அருவிக் கொடிகள் எடுக்கும் நேரம் மிகமிகச் சொற்பமேயாகும். இருந்தாலும், அவ்விரண்டும் இயல்பொத்த புலமாற்ற வடிவத்தைக் காட்டும்.

முன்னோடி அருவிக் கொடியாலாகும் புலமாற்றத்தின் கால நீட்சியானது அதே நேரத்தில் தொழிற்படும் படப் பெட்டிகளில் பதிவுசெய்யப்படுகின்றவையும் முன்னோடி அருவிக்கொடியோடு இயல்பொத்தவையுமான முன்னோடி அருவிக்கொடி முறைகளின் காலநீட்சிகளைக் காட்டிலும் அடிக்கடி கூடுதலாக இருக்கின்றது என்பது ஓரளவில் முக்கியமான செய்தியொன்ருகும். இது முக்கியமாக உணர்த்துவது யாதெனில், முன்னோடி அருவிக்கொடியின் பாதையில் உணரத் தக்கதும், சில வேளைகளில் மேகத் துக்குக் கீழேயுள்ள கட்புலனுகும் நீளத்தின் பருமன் வரிசையின்பாற்படுகின்றதுமான பாகமொன்று மேகத்துள் மறைந்திருக்கின்றது என்பதும் முன்னோடி அருவிக் கொடியை ஆக்கும் *N* ஏற்றமானது உணரத்தக்க உயரத் தில் இருக்கின்றது என்பதுமாம்.

(2) பின்னோடி அருவிக்கொடிகளாலாகும் புல மாற்றங்கள் (r_bயும் r_c யும்). இப்பின்னோடி அருவிக்கொடிகள் முன்னோடி அருவிக் கொடியிலுள்ள மறை ஏற்றத்தையும் மேகத்தில் எஞ்சி யிருக்கும்மறை ஏற்றத்தையும் நிலத்தில் சேர்க்கும் தொழிலில் ஈடுபடுகின்றபடியால், முறையே r_b யும் r_c யும் ஆகிய அவற்றின் புலமாற்றங்கள் எல்லாத் தூரங்களிலும் நேராக இருக்கும். விரைவான r_b மாற்றம் எடுக்கும் பதிவு

நேரமானது 50 மைக்கிரோ செக். பெறுமான வரிசையின் பாற்படும்; அது சிக்கலான நுண்ணமைப்புடையது; அவ்வமைப்பு படம் 18 இல் காட்டப்படவில்லை. மந்தமான r_c மாற்றமானது, 1 அல்லது 2 மில்லிசெக். எடுக்கும்; அது முன்னோடி அருவிக்கொடியை ஆக்கியுள்ள பகுதியில் ஈற்றில் எஞ்சியிருக்கும் ஏற்றம் அகற்றப்படுவதால் மட்டும் அல்லாது, பாதையின் முடியில் அதுவரை இறக்கத்தால் பாதிக்கப்படாத N பகுதிகளால் தூண்டப்படும் நேரேற்றத்தின் மேல் முகமான பாய்ச்சலாலும்கூட உண்டாகலாம்.

(3) சார்பு புலமாற்றங்கள் (*j*).—இம்மாற்றங்கள் அடிப்புகளுக்கிடையேயுள்ள காலவிடைகளில் உள. இவை அணித்தாக இருக்கும்போது மறையாகவும், தொலைவாக இருக்கும்போது நேராகவும் இருக்கின்றபடியால், அவை மேகத்துள் ஏற்றத்தின் மந்தமான அசைவுகளால் ஆக்கப்படுதல் வேண்டும்; அவ்வசைவுகளில், நேரேற்றம் மேல்முகமாகவும் மறையேற்றம் கீழ்முகமாகவும் அசைகின்றன. இவை, பெரும்பான்மையான எடுத்துக்காட்டுகளில்,[7] பாதையின் முடியிலிருந்து தொடங்கி மறையேற்றம் கொண்ட புதுப் பகுதிகளுக்கு மேல்முகமாகச் செல்லும் நேரருவிக் கொடிகளாலாகும் என்பதற்கு ஓரளவில் சான்றுளது; அவற்றால் அப்பகுதிகள் கடத்துந் தன்மை பெறுகின்றன.

(4) பின்னடும் அடிப்புகளுக்குப் பொறுப்பான பொறியமைப்பு. நிலத்தை அடையும் இறக்கமொன்றின் அடிப்பொவ்வொன்றும் N பகுதியொன்றில் உற்பத்தியாகின்றது, என்றும் அடிப்பொன்றை ஆக்கும் N பகுதியானது அடுத்தாற் போல் முன்னிருந்த அடிப்பை ஆக்கிய N பகுதியைக் காட்டிலும் உயரமானது என்றும் முடிபு செய்தற்குப் பல் சான்றுகள் உள என மாலனும் நூலாசிரியரும்[7] காட்டியுள்ளனர். பல அடிப்புகளுடைய இறக்கமொன்றை ஆக்கும் N பகுதிகள் மேகத்துள் எழுமாறாகப் பரம்பியி

ருப்பதில்லை, அவை இடையிட்டு இறக்கப்படுகின்றதும் உண ரத்தக்க உயரம்வரை மேல்முகமாக நீட்டியிருக்கின்றது மான தனியனுகவும் ஆனால் கிட்டத்தட்ட நிலைக்குத்தான நிரலொன்றிலும் கிடக்கும் என மேற்படிச் செய்தியிலிருந் தும் வேறு செய்திகளிலிருந்தும் உய்த்தறியப்படும். பல அடிப்புகளுடைய நிலப்பளிச்சீடொன்று 6 கிமீ. நீளமுடைய நிரலொன்றிலிருந்து தோற்றலாம். அடிப்புகளுக்கிடை யேயுள்ள ஒய்வு நேரமானது சந்தியருவிக்கொடி முறை மேல் முகமாக அசைந்து ஏற்றம்பெற்ற நிரலின் அடுத் துள்ள பகுதி வழியே முன்னோடி அருவிக்கொடியொன் ருக இறக்கமுறும் வண்ணம் அப்பகுதிக்கும் போதிய கடத்துமியல்பை அளித்தற்குத் தேவையான நேரத்தைக் குறிக்கிறது என இவ்வாராய்ச்சியாளர் காட்டியுள்ளனர்.

38. அருவிக்கொடி உருவாக்கலுக்கான செயல் முறை மை.[8] மின்னருவிக்கொடியொன்று அயன்களும் இலத்தி ரன்களும் நிரம்பிய, கடத்தாறுடைய, தண்டொன்றைக் கொண்டுள்ளது எனவும், தண்டில் இருக்கும் புலத் தில் இவ்வேற்றம்பெற்ற துணிக்கைகளின் இயக்கம் மின் னோட்டமொன்றைத் தருகின்றது எனவும், அவ்வோட்ட மானது அருவிக்கொடி முன்னேக்கிச் செல்லுமிடத்து அதன் பரப்பில், சிறப்பாக அதன் நுனியில், ஏற்றம் வழங்குகின்றது எனவும், ஆய்கூடங்களில் நடாத்திய வாயுவிறக்க ஆராய்ச்சிகளால் அறியக்கிடக்கின்றது. முன்முகமான அசைவையிட்டு வளியில் முன்னேறும் அருவிக்கொடிக்கு முன்னாலே, சுயாதீன இலத்திரன்கள் உண்டாகி மோதுகையினால் அயனுக்குதற்கு அருவிக் கொடி நுனியில், மின்புலமானது போதியவளவில் உயர்ந் ததாக இருத்தல் வேண்டும் ; இவ்விலத்திரன்களுள் சில அருவிக்கொடி தானகவே காலும் ஊதா கடந்த ஒளியால், ஒளிமின்னியல் முறையாகத் தோற்று விக்கப்படும். இம்மோதுகை அயனுக்கமானது திரளும்

தன்மையுடையது ; அது காரணமாக இலத்திரன் பேரிறங்கிகள் உண்டாகி, அருவிக்கொடி நுனிவரை நீட்டியிருக்கும்.

உயர் புலப் பிரதேசங்களில், அருட்டலும் அயனுக்கமும் ஆக்கப்படுகின்றபடியால், நுனிகளிலும் அவற்றிற்குப் பின்னுலும், அருவிக்கொடிகள் ஒளிகாலும். சொற்ப நேரம் கழிந்தபின், அருட்டிய அணுக்களும் மூலக்கூறுகளும் அவ்வவற்றின் அடிநிலைகளுக்கு அவை மீளுகின்றபடியாலும், அக்காலவிடையில் நுனி முன்னேறிவிடுகின்றபடியாலும், ஒளிர்வுமிக்க பாகமானது, நுனிக்குப் பின்னுல் ஒரு வரையறுத்த தூரம் பின்முகமாக நீட்டியிருக்கும்.

எவுகணை முன்னேடி அருவிக்கொடியிடத்து, முன்னேறும் நுனிக்கு முன்னுல், முற்போந்த அடிப்புகளால் ஆக்கப்பட்ட அயனுக்கம் நிலைபெற்றிருக்கின்றபடியால், மறையேற்றம் பெற்ற அருவிக்கொடியானது ஏற்கெனவே உள்ள பாதையொன்றின் வழியே வழிப்படுத்தப்படுகின்றது. இவ்வெடுத்துக்காட்டில், அருவிக்கொடி அடையும் வேகமானது அதற்கு[8] முன்னிருந்த இலத்திரனடர்த்தி n இன் கனமூலத்துக்கு விகிதசமன் எனக் காட்டமுடியும். அடிப்புகளுக்கிடையேயுள்ள காலவிடையானது குறுகியதாக இருந்தால், n பெரிதாக இருக்கும் ; அப்பொழுது உயர் எவுகணை முன்னேடி அருவிக்கொடி வேகங்கள் நிகழ முடியும். ஆனுல், காலவிடை நீண்டதாகவிருந்தால், அணுக்களாலும் மூலக்கூறுகளாலும் இலத்திரன்கள் கைப்பற்றப்படுகின்றபடியாலும், பரவல்முறைகளாலும் n குறைவதால் எவுகணை முன்னேடி அருவிக்கொடி வேகமானது தாழ்த்தப்பட்டிருக்கும்.

விரைவான பின்னேடி அருவிக்கொடியும் முன்னராகவே அயனுக்கிய பாதை வழியே செல்லும் ; அப்பாதையானது எவுகணை முன்னேடிக்குக் கிடைத்ததைக் காட்டிலும் மிகுதியாகவும் புதிதாகவும் அயனுக்கப்பட்டிருக்கும்.

இவ்வெடுத்துக்காட்டில், சிம்சஞல் முதன்முதல் காட்டியுள்ளவாறு, அருவிக்கொடியின் நுனியானது நேரேற்றம் பெற்றிருக்கும்; மேலும், அந்நுனிக்கு முன்ஞலேயிருக்கும் பேரிறங்கிகள் பலமாக ஒருங்கும் புலமொன்றில் அகமுகமாக அசையும். இவற்ருலேயே பின்னேடி அருவிக்கொடியானது உயர் வேகமுடையதாய் இருக்கின்றது.

படிமுறை முன்னேடி அருவிக்கொடியே எல்லா இறக்க முறைகளிலும் முதன்முதலாவதாகத் தோன்றுகின்றது; அது புதுநிலேயான வளியுள் முன்னேறுகின்றது எனவும், அது முன்உளதாயிருக்கும் எந்த அயனக்கியுள்ள வளியிலும் செல்வதில்லே எனவும் ஒளிப்படப் பதிவுகளிலிருந்து தோற்றுகின்றன. இதன் மந்தமான பலித வேகமானது இலத்திரன் மோதுகையால் அயனக்கத்துக்கு வேண்டிய இழிவு வேகத்தின் பருமன் வரிசையின் பாற்படும். படிமுறை அருவிக்கொடிகள் உயர் வேகமுடையன என்னுஞ் செய்தியுடன் மேற்படி செய்தியைக் கருதிஞல், அது, அதை முந்திச் செல்லுகின்ற ஆஞல் பதிவு செய்யப்படாத வலவ அருவிக்கொடியொன்ருல், அல்லது அத்தகைய அருவிக்கொடிகளாலான கம்பொன்ருல், முன்னேற்பாடாகச் செய்யப்பட்டுள்ள அயனக்கிய பாதை வழியே செல்லும் என்று உணர்த்துகிறது. இவ்வடிப்படையில், மேற்படி படிகள், வலவ அருவிக் கொடி மீது அடுக்கப்பட்டவையும், விட்டுவிட்டு அவற்றை விரைந்து சென்று எட்டிப் பிடிக்கின்றவையுமான, வளிவிளேவுகளாகும்.

இத்தகைய வலவ அருவிக்கொடிகளின் திசையானது அவ்வருவிக்கொடிகளின் நுனிகளுக்கு முன்ஞலேயிருக்கும் மின்புலத்தின் வட்டார மாறல்களால் முற்றிலும் ஆளப்படும்; அவற்றின் பாதைகள், சிறப்பாக வளியில் நேரயனிடவேற்றம் செறிந்திருக்கும் பகுதிகள் இருந்தால், வளேவு நெளிவாகவும் கிளேவிட்டும் இருக்கும்.

இவ்வருவிக்கொடிகள் பற்றியும் படிமுறைச் செயன் முறையில் காணப்படுகின்ற ஓரளவில் ஒழுங்கான ஓய்வுகளுக்குப் பொறுப்பானதும் இதுவரை விளக்கம் பெருததுமான செயல் முறைமை பற்றியும் மேற்கோள் கள் 9, 10, 11 இல் இன்னும் விரிவான ஆய்வுரைகளைக் காணலாம். இவ்வோய்வுகள் மேகத்திலிருந்து வரும் இறக் கத்திலுள்ள இடையிட்ட தனிச்சிறப்பொன்ருல் உண்டாவ தில்லை, அவை அருவிக்கொடியின் சொந்த இயல் பொன்ருலேயே[8] உண்டாகின்றன, என்ற கருத்தே பொது வாக வழங்கி வருகின்றது ; ஆனல், அவ்வியல்பானது அருவிக்கொடியின் ஒளிர்வு வடிவத்திலிருந்து வில் வடிவத்தின் ஆவர்த்தன நிலைமாறலொன்றுடன் தொடர்புடையதா அல்லது அருவிக்கொடியின் மட்டுமீறிய சோர்வுற்ற நிலையில் புலவன்மையும் அருவிக்கொடித் தண்டின் கடத்தாறும் தம்மைப் புதுப்பித்தற்கு ஓய்வு தேவைப்படுகிறதா என்பது பற்றி இன்னும் உறுதி யாகக் கூறமுடியாது.

39. நிலத்துக்குச் செல்லா இறக்கங்கள். அவை வளி யிறக்கங்களாக இருந்தாலும் அல்லது முற்றிலும் மேகத் துள் நிகழ்ந்தாலும், நிலத்தை அடையாத இறக்கங்கள், முன்னேடி அருவிக்கொடி வகையைச் சேர்ந்தவை எனக் காணப்பட்டுள்ளன ; அவ்விறக்கங்களிடத்து பின்னேடும் முறையில்லை. ஒளிப்படங்களில், வளியிறக்கங்கள் ஏவுகணை முன்னேடி அருவிக்கொடிகள் மீபொருத்தியுள்ள சிக்கலான, கிளைவிட்ட β வகைப் படிமுறை முன் னேடி அருவிக்கொடிகளைக் காட்டுகின்றன. மேகத்துக் குக் கீழே நேரிடவேற்றங்கள் செறிந்து கிடக்கும் இடங் களை நோக்கியே இவ்விறக்கங்கள் செல்கின்றன ; அத்த கைய செறிவுகளிலிருந்து பின்வாங்கும் நொய்தான பின்னடிப்பு அருவிக்கொடிகளும் காணப்பட்டுள்ளன. பின்னடிப்புக்கான எடுத்துக்காட்டொன்று படம் 17 இல் p, q வழியே காட்டப்பட்டுள்ளன.

புலமாற்ற முறைகளால் மட்டுமே போகத்துள் முற்றிலும் அடங்கியிருக்கும் இறக்கங்களை இதுவரை ஆராய முடிந்துள்ளது. மேகவிறக்கங்கள் வளியினிறக்கங்களின் அதே இயல்புடையன எனவும், அவை மில்லிசெக்கன் பருமன்வரிசையின் பாற்படும் நேரத்திற்கே தொழிற்படும் எனவும், இம்முறைகள் காட்டுகின்றன.

40. தூண்டற் புலமாற்றங்களும் கதிர்ப்புப் புலமாற்றங்களும். மின்னலிறக்க முறைகள் தொடர்பான நிலைமின் புலமாற்றங்களின் வடிவத்தைப் பற்றி ஏற்கெனவே விவரித்துக் கூறப்பட்டிருக்கிறது. திருப்பம் M கொண்ட சிறு துவிமுனைவொன்றின் முழு மின்புலமானது உண்மையில்

$$E = M/r^3 + (dM/dt)/cr^2 + (d^2M/dt^2)/c^2r$$

என்னுஞ் சமன்பாட்டில், நி.மி.அ.வில் எடுத்துக்காட்டப் பட்டிருக்கும் மூன்று கூறுகளின் கூட்டுத்தொகையாகும்; இங்கு c, ஒளியின் வேகமும், r துவிமுனைவின் மையத்துக்குச் செல்லும் ஆரைக் காவியும் ஆகும். முதலாவது உறுப்பானது நிலைமின் புலத்துக்கான சமன்பாடு (3.1) இற்கு ஒத்ததாக இருக்கிறது; இரண்டாவது தூண்டல் அல்லது காந்த உறுப்பாகும்; மூன்றாவது உறுப்பு, ஹேற்சிய துவிமுனைவொன்றால் காலப்படும் கதிர்ப்புக்கான, நன்கு தெரிந்த கோவையாகும். மின்னற் பளிச்சிடொன்றிலிருந்து 10 கிமீ. தூரம் வரை மற்ற ஈர் உறுப்புக்களைக் காட்டிலும் முதலாவதே மிகப் பெரியது; அவ்வட்டாரத்தில் மின்னலாலாகும் புலமாற்றங்கள் பெரும்பாலாக நிலைமின் விளைவுகளே. எனினும், 25 கிமீ. தூரத்தில், கடைசி உறுப்பானது பலமாகவும், 50 கிமீ. இலும் அதற்கப்பாலும் விஞ்சி மேம்பட்டும், இருக்கும்.

கதிர்ப்புப் புலமானது d^2M/dt^2 என்பதற்கு, எனவே நேரம் $t - r/c$ என்பதில் கருதப்படும் இறக்கப் பாகத்திலுள்ள சட்டம் மாறும் வீதத்துக்கு, விகிதசமன். எனவே, மின்னலாலாகும் கதிர்ப்பு விளைவுகள் பெருமோட்டங்

களைக் காவும் அருவிக்கொடிகளின் விரைவான தொடக்கம், மறைவு என்பவற்றிற்குக் காரணமான முறைகளுடன் பெருமளவில் தொடர்புகொண்டிருக்கும். இவை (a) முதலாம் அடிப்பு முன்னோடிகளிலும் மேக, வளி இறக்கங்களிலும் காணப்படும் படிமுறைச் செயன்முறைகளும், (b) ஒவ்வொரு அடிப்பிலுமுள்ள பின்னோடி முறைகளும், ஆகும்.

இம்முறைகளாலாகும் கதிர்ப்பு விளைவுகளே இரேடியோ செலுத்துகையில் பயன்படுத்தப்படும் நீண்ட அலைப்பகுதியில் தோற்றும் வளி மண்டல (நிலையின்) குழப்பங்களுள் பெரும்பான்மையானவை ; அக்குழப்பங்களை அவற்றிற்குக் காரணமாக இருந்த இறக்கத்திலிருந்து, 4,000 மைல் தூரத்துக்கு அப்பால் நோக்க முடியும். இவை, வளி மண்டல ஆராய்ச்சியில் (sferics), இடிமின்னற்புயலிடங் காட்டலில், செய்முறை நயமுடையது. மேலும், அயன் மண்டலத்தில் பின்வரும் தெறிப்பால் அவை திரிபுறும் முறையைப் பயன்படுத்திக் கீழான D படையின்[1,12] உயரத்தையும் இயல்பையும் பற்றிய செய்திகள் கிடைத்துள்ளன.

41. ஓட்டங்களும் ஓட்ட மாறல்களும். நிலத்துக்குச் செல்லும் மின்னலோட்டங்களின் பருமன்களையும் நேரத்துடன் அவற்றின் மாறல்களையும்[9,10] நேரடியாகத் துணிதற்கு ஆராய்ச்சிகள் பல செய்யப்பட்டுள்ளன. ஏற்றத்திலுள்ள கடத்திகள், தூபிகள் மீது மின்னல் படுமிடத்து அவற்றின் ஊடாகப் பாயும் உச்சவோட்டங்களைத் துணிதற்குக் "கிளைடொனொ" வரையி எனப்படும் எளிய பதிவுவோல்ற்றுமானி ஒன்று பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. கடத்திக்கும் நிலத்துக்குமிடையே தொடுக்கப்பட்டு, அழுத்தப் பிரிகருவியாகத் தொழிற்படுகின்றவையும் தொடர்நிலையில் இருக்கின்றவையுமான கம்பிகளுள் ஒன்றின் குறுக்கே அவ்வோல்ற்றுமானி தொடுக்கப்பட்டிருக்கும். அதன்

பிற்பக்கத்தில் புவியோடிணைக்கப்பட்ட தட்டொன்றை காவும் தட்டையான ஒளிப்படப் படலமொன்றில் தாங்கப் பட்டிருக்கும் நேர் (ஏற்றம் பெற்ற) புள்ளியொரன்றைச் சுற்றி ஆக்கப்படும் லிச்சன்பேக் உருவத்தின் விட்டமானது குறிப் பிட்ட (25,000 வோ. வரையுள்ள) வீச்சொன்றில் மேற்படி புள்ளிக்கும் தட்டுக்குமிடையேயுள்ள அழுத்த வித்தியாசத் துக்கு விகிதசமன் என்னும் தத்துவமே இவ்வுபகரணத் தில் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இறக்கங்கள் முனைவுத்தன் மையில் மாறுமிடத்து, அவற்றைப் பதிவுசெய்தற்கு, எதிர் நிலையில் தொடுக்கப்பட்டிருக்கும் இரு கருவிகள் தேவைப் படும்.

கிளேடொனோவரையி முறையில் கடத்திக்கும் நிலத்துக் குமிடையேயுள்ள கிளம்பற்றடங்கல் தெரிந்திருக்க வேண் டும்; அக்கணியத்தை எப்பொழுதும் எளிதில் துணிய முடியாது. அண்மைக் காலத்தில், "காந்த இலிங்குகள்" கூடுதலாகப் பயன்படுத்தப்பட்டிருக்கின்றன; அவை உயர் காந்தப்பற்றுத்திறனுடைய, காந்தமாக்கப்படாத, குறுகிய உருக்குக் கிலங்களைக் கொண்ட (இரண்டு அல்லது மூன்று) கட்டுக்களாகும்; அக்கட்டுக்கள் கடத்தியிலிருந்து வெவ் வேறான, ஆனால் தெரிந்த தூரங்களில், ஏற்றப்பட்டிருக் கும். இறக்கத்தின்போது பாய்ந்த உச்சவோட்டங்களை இலிங்குகளிலுள்ள எச்சக் காந்தத்திலிருந்து கணிக்க முடியும்; தெரிந்த ஓட்டங்களைப் பயன்படுத்தி தரங் கணித்தல் செய்யப்படும்.

வாக்னரும் மக்கானும்[14] (Wagner and Mc Cann) இவ்வுப கரணத்தைச் செம்மைப்படுத்தியிருக்கின்றனர்; (Fulchronograph) ஃபல்குரோனோவரையி எனப்படும் அவர் களுடைய கருவியில் இலிங்குகள் அலுமினியச் சில்லொன் றால் காவப்படுகின்றன; சில்லானது மின்னலிறக்கம் செல் லும் சுருள்களினிடையே சுற்றும். அப்பொழுது, பின்னடும் இலிங்குகளிலுள்ள எச்சக் காந்தமானது நேரத்துடன் ஓட்டத்தின் மாறலைத் தரும்.

உயரோட்டக் கொள்ளளவுடைய தடைகளின் குறுக்கே தனிவகையான அலைவுவரையிகளைப் பக்கவழிப்படுத்தியும் நேரத்துடன் (ஓட்டத்தின்) மாறல் துணியப்பட்டுள்ளது. எனினும், எவ்வாறு இறக்கமொன்றின் பின்னடும் அடிப்புகளில் இறக்கவோட்டமானது நேரத்துடன் மாறுகின்றது என்பது பற்றிப் பொதுவாகக் கூறுவதற்கு இன்னும் போதிய அளவில் பேறுகள் கிடைக்கவில்லை. முதல் அடிப்புகளில் ஓட்டமானது, 1 இலிருந்து 20 மைகக்கிரோசெக். இல், 20,000 அம். சராசரிப் பெறுமானமுடைய, உச்சத்துக்கு ஏறுகின்றது ; (நோக்கப்பட்ட உயவுப் பெறுமானம் 250,000 அம். ஆகும்) ; உச்சத்தை அடைதற்கான நேரம் மிகுதிப்படியாக 2 மைக்கிரோசெக். ஆகும். இதன் தேய்வு முறையானது (ஓட்டத்துககு ஓட்டம்) வேறுபடும். ஆனால் அது கிட்டத்தட்ட 24 மைக்கிரோசெக். இல் உச்சநிலைப் பெறுமானத்தின் அரைவாசியாகக் குறைந்துவிடும் என வழக்கமாகக் கூறப்படும் (அந்நேர வீச்சு 7 இலிருந்து 115 மைக்கிரோ செக்.).

உணரத்தக்க பருமனும் நீண்டகால எல்லையும் கொண்ட தொடர்ந்த ஓட்டங்கள் எம்பயர் ஸ்ரேற் கட்டிட மீது பட்ட அடிப்புகளைப் பின்றொடர்ந்துள்ளன என மக்கீக்கரன் என்பார் அவதானித்துள்ளார்[13]; ஆனால், தாழ் அமைப்புக்களை அடையும் இறக்கங்களிடத்து அடிப்பின்[14] பின்னோடிப் பகுதியானது தொடங்கி ஒரு சில மில்லிசெக். ஆனதும், ஓட்டமானது வழக்கமாக மிகத் தாழ்ந்த பெறுமானங்களுக்கு (அதாவது $< 0{\cdot}1$ அம். என்றபடி) குறைந்துவிடும்.

நேரடி இறக்கங்களுக்குரிய ஓட்ட-நேர வளையிகளைத் தொகையிட்டுக் கிடைத்த மின் கணியங்கள், சி.ரி.ஆர். வில்சனின் முறையால் (§ 34) துணியப்பட்டவற்றன் அதே பருமன் வரிசையின்பாற்படும் (சராசரி 30 கூலோம்; உயர்வு 164 கூலோம் என்றவாறு).

மேற்கோள் ஆராய்ச்சிக் கட்டுரைகள்

[1] B. F. J. Schonland, *The Flight of Thunderbolts,* Oxford Univ. Press. (1950).

[2] D. J. Malan, *Revue d' Optique,* **29** P. 513 (1950).

[3] B. F. J. Schonland, D. J. Malan, and H. Collens, *Proc, Roy. Soc.*, A, **152** P. 595 (1935) ; *ibid,* **168,** P. 455 (1938).

[4] D. J. Malan and H. Collens, *Proc. Roy. Soc.*, A, **162**· P. 175, (1937).

[5] K. B. McEachron, *Fourn. Franklin Inst.*, **227,** P. 149 (1939).

[6] D. J. Malan and B. F. J. Schonland, *Proc. Roy. Soc.*, A, **191** P. 487 (1947).

[7] D. J. Malan and B. F. J. Schonland, *Proc. Roy. Soc.*, A' **206** P. 145 (1951) ; *ibid,* **209,** P. 158 (1951).

[8] B. F. J. Schonland, *Proc. Roy. Soc.*, A. **164,** P. 132 (1938).

[9] *Reports on Progress in Physics,* Vol. X, art., by J. M· Meek and F. R. Perry, The Physical Society (1946).

[10] C. E. Bruce, *Proc. Roy. Soc.*, A. **183,** P. 228 (1944) ; C. E. Bruce and R. H. Golde, *Surge Phenomena,* Chap. I (1941). E. R. A, London.

[11] L. B. Loeb and J. M. Meek, *The Mechanism of theElectric Spark,* Stanford Univ., Press (1941).

[12] B. F. J. Schonland, J. S. Elder, D. B. Hodges, W. E. Phillips and J. W. Van Wyk, *Proc. Roy. Soc.*, A, **176,** P. 180 (1940).

[13] K. B. McEachron, *Trans. Amer. Inst. Elec. Eng.*, **60,** P. 885 (1941).

[14] G. D. McCann *Trans. Amer. Inst. Elec. Eng.*; **63,** P. 1157 (1944) ; *See also* C. F. Wagner, G. D. McCann and E. Beck, *ibid.*, **60,** P. 1222 (1941).

அதிகாரம் V

முகில்களில் மின்னேற்றப் பிறப்பாக்கம்

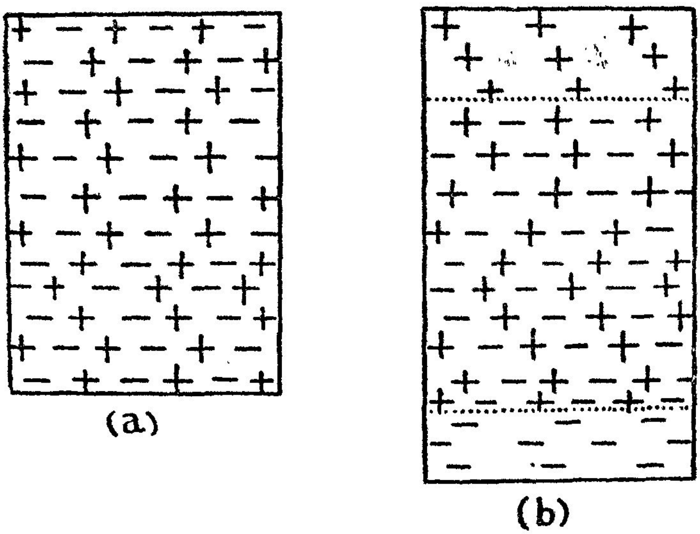
42. முன்னுரை. எவ்வாறு மேகங்களில் மின்புலங்கள் தாபிக்கப்படக்கூடும் என்னும் விடயம் பற்றிப் பல யோசனை உரைகள் கூறப்பட்டிருக்கின்றன. இந்த யோசனை உரைகளைச் சோதித்தற்பொருட்டு (பரிசோதனைப்) பேறுகள் கிடைத்ததும், அவற்றுள் சில விலக்கப்பட்டன. இதற்குப் பின் எஞ்சியிருக்கும் செயல்முறைமைகளுள் மிகப்பல ஒரே நேரத்தில் தொழிற்படலாம் ; எனவே இடிமின்னற் புயல்களின் மின்னேற்றலை உண்டாக்குதலில் எவை முதன்மையானவை என்பது பற்றி எளிதில் முடிவு செய்ய இயலாது.

கொள்கையொன்று ஏற்றுக்கொள்ளத்தக்கதாக இருக்க வேண்டுமானல், அது (*a*) தலைமைப் $P-N$ துவிமுனைவின் முனைவுத் தன்மைக்கு விளக்கமளித்தல் வேண்டும் ; (*b*) வெப்பநிலை, நீருள்ளடக்கம், மேனோக்கிய இழுப்பு ஆகிய நிபந்தனைகள் நியாயமாக இருக்குமிடத்து, P யும் N உம் ஆகிய ஏற்றங்கள் ஒவ்வொன்றிற்கும் கிட்டத்தட்ட 30 கூலோமை வழங்கல் வேண்டும். (*c*) குறைந்தது $-10°$ ச. போன்று அத்துணைத் தாழ்ந்த வெப்பநிலையிலுங்கூடத் தொழிற்படல் வேண்டும்; (*d*) செயலாற்றுகின்றது எனப் பரிசோதனை முறைப்படி காட்டல் வேண்டும். தாழ்ந்த ஏற்றம் p, இடி மின்னற்புயல் மழையிலுள்ள ஏற்றத்துக்கும் அவ்வப்போதுள்ள புலத்துக்குமுள்ள தொடர்பு ஆகியவற்றின் விளக்கத்தையிட்டுத் துணைச் செயல்முறைமைகள் தேவைப்படலாம் ; பிந்தியவற்றிற்கான நோக்கல்கள் 445 இல் விவரித்துக் கூறப்படும்.

மேற்படி நிபந்தனைகள் எல்லாவற்றையும் திருப்திப் படுத்தாத காரணத்தால் விலக்கப்பட்ட கொள்கைகளுள் சிம்சன் என்பவரால் தரப்பட்டதே எமக்கு மிகப்பெருமளவில் தெரிந்திருக்கின்றது ; மேலேறுகின்ற வளியோட்டங்களில், நீர்த்துளிகள் முறிவுறுகின்றன என்ற லேனட்டின் விளைவாலேயே மேகமானது பிரதானமாக மின்னேற்றம் பெறுகின்றது என அவரது கொள்கையில் பிரேரிக்கப்பட்டுள்ளது. இச்செயல் நுட்பத்தில் (நீர்த் துளியின்) மிகப்பெரிய முறிந்த பகுதி நேரேற்றம் பெற்றே இருக்கும் ; அந்நுட்பமானது மேற்படி வெப்பநிலை நிபந்தனை (c) யைத் திருப்திப்படுத்தாது ; மேலும், அந்நுட்பத்தின்படி மேகத்தின் கீழ்ப்பாகம் நேரேற்றம் பெற்று இருக்கவேண்டுமாதலால், நிபந்தனை (a)யையும் திருப்திப்படுத்தமாட்டாது. இருந்தாலும், சிம்சனும் கிறேசரும் கூறியுள்ளவாறு, இந்நுட்பமானது படம் 15 இல் காட்டியுள்ள சிறு ஏற்றம் *P* என்பதற்குப்பொறுப்பாக இருக்கலாம்.

43. மறையான ஏற்றங்கள் உண்டாக்கப்பட்டபின் அவற்றை வேறாக்கல். இந்நாட்களில் கருதப்பட்டுவரும் செயல்நுட்பங்கள் யாவும் முறையே நேரேற்றத்துக்கும் மறையேற்றத்துக்கும் இரண்டு, முற்றிலும் வெவ்வேறான காவி வகைகளைத் எடுத்துரைக்கின்றபடியாலும், அவ்விருவகைகளுள் பாரம்மிக்கதுக்கு மறையேற்றத்தை வழங்குகின்றபடியாலும், அவை நிபந்தனை (a) யைத்திருப்தியாக்குகின்றன. எனவே புவியீர்ப்பு விளைவாக மறையேற்றங்கள் தாமே கீழ்முகமாக இழுக்கப்படுகின்ற படியால், வேண்டப்படும் திசையில் மேகமானது முனைவாக்கப்படும் (படம் 19). மேகத்துள், (மழைத்துளிகள், மழைப்பனி அல்லது, பெரிய பனித்துணிக்கைகளாகிய) பாரமிக்க மறையேற்றக் காவி வகைகளைத் தாங்கவோ, மேல் நோக்கிச் செலுத்தவோ, மேலிழுப்பு இருக்குமானால்,

(சின்னஞ் சிறு துளிகள் அல்லது சிதறிய பனித்துண்டுகளாகிய) பாரம் குறைந்தவை இன்னும் விரைவாக மேல் நோக்கிச் செலுத்தப்படுகின்றபடியால், மேலிழுப்பு இல்லாதவிடத்து சமனாக இருப்பது போல, இரு தொகுதிகளின் தொடர்பு வேறாக்கல் வேகம் இருக்கும்.



படம் 19. எதிர் ஏற்றங்களின் புவியீர்ப்புவேறாக்கல்.
(சி. ரி. ஆர். வில்சன்)

எதிர் ஏற்றங்கள் பெற்ற காவிகளை வேறாக்கும் முறையில், புவியீர்ப்பு காரணமாகத் தொடக்கத்தில் சுயாதீன வீழ்ச்சி நிகழ்கின்றது எனவும், அச்சுயாதீன வீழ்ச்சியானது படிப்படியாக அமர்முடுகுறுகின்றது எனவும், ஈற்றிலே வேறாக்கப்படும் ஏற்றங்களுக்கிடையேயுள்ள கவரும் விசைகளால் கிட்டத்தட்டப் பூச்சியமாக்கப்படுகின்றது எனவும், மேகவிறக்கமொன்றிற்கு உடன்பின்னுள்ள புலமாற்றங்களின் வடிவமானது எடுத்தியம்புகின்றது (§ 32). இந்த இறுதிக் கட்டத்தில், மேகத்தின் அகத்திலும் மேகமுகமாகப் புறத்தேயும் விரயமாகும் மின்னோட்டங்

கள் இருக்குமிடத்து, ஏற்றங்கள் மாறுதிருக்கும் வண்ணம் காத்தற்பொருட்டுப் பாரமான காவிகளின் வீழ்ச்சி வீதம் சரி கணக்காக இருக்கின்றது எனக் கருதல் வேண்டும். ஈற்றிலே, இறக்கம் நிகழ்வதற்கு வேருக்கப்பட்ட ஏற்றங்கள் இடையே புலமானது போதிய வலிமை பெற்றிருக்கலாம். ஏற்றங்கள் சமனுனல், இறக்கத்தால் மேகம் அதனது தொடக்கநிலைக்கு மீளும்; அப்பொழுது படம் 19 இல் காட்டப்பட்டிருக்கும் நடுநிலையான பிரதேசத்திலுள்ள பாரமான காவிகள் மீண்டும் புவியீர்ப்பின் தாக்கத்தால் வேருக்கப்படும். வேருக்கலின் தொடர்பு வேகமானது 0·15 சமீ. ஆரையுடைய நீர்த்துளியொன்றின் முடிவு வேகமாகும் என சி. ரி. ஆர். வில்சன்.[1] எடுத்துக் கொண்டார்; அது 6மீ./செக். வரிசையின்பாற்படும். இத்தகைய துளியொன்றைக் குறித்து, (எதிரான துளிகளைக் காட்டிலும்) மிக மந்தமான சிறிய நேர்த் துளிகளை நிலையானவை எனக் கருதலாம். ஏற்றவுற்பத்திக்குத் தட்டு வடிவமுடைய பிரதேசமொன்றை வில்சன் ஆராய்ந்துள்ளார். அவ்வாராய்ச்சியின் பொருட்டு, இறக்கத்துக்குச் சற்று முன்னுள்ள சராசரித் திருப்பம் M, இறக்கத்துக்கு உடனடியாகப் பின்னுள்ள dM/dt ஆகியவற்றிற்கு அவர் பெற்றுள்ள பேறுகளைப் பயன்படுத்தியுள்ளார் (படம் 19). தட்டின் தடிப்பு கிட்டத்தட்ட 1 கிமீ. ஆகவும், புலம் 10,000 வோ./சமீ. அடைந்ததும் இறக்கம் நிகழ்வதாகவும் அவர் எடுத்துக்கொண்டார். இச்செய்திகளிலிருந்து (*a*) உற்பத்திக்கான பிரதேசத்தின் கனவளவு 4 க. கிமீ. எனவும், எனவே அப்பிரதேசத்தின் குறுக்குவெட்டு 4 ச. கிமீ. எனவும்; (*b*) ஏற்றவுற்பத்திவீதம் ச. கிமீ. மேற்பரப்பில் கிட்டத்தட்ட 1அம். எனவும், எனவே அது மொத்தமாகக் கிட்டத்தட்ட 4 அம். எனவும்; (*c*) உற்பத்தி நடைபெறுதற்கானதும் நடுநிலையானதுமான பிரதேசத்திலுள்ள நேர்க் காவிகளிலும் சரி எதிர்க் காவிகளிலும் சரி மொத்தமாகவுள்ள ஏற்றமானது கிட்டத்தட்ட 500

கூலோம் எனவும் ; (*d*) க.சமீ. இற்கு பெரிய காவி கள் மீதுள்ள ஏற்றமானது 30நி.மி.அ. இன் பருமன் வரிசையின்பாற்படும் எனவும் ஆனால், அப்பருமன் வரிசையை அது மீறலாகாது எனவும் வில்சன் கண்டார்.

இவ்வண்ணம் கிடைத்த பெறுமானங்கள் யாவும் கரு தப்படும் கணியங்கள் பற்றித் தெரிந்திருக்கின்ற செய்தி களுடன் ஒத்திருக்கின்றன. (தடிப்பு 3 கிமீ., எனவும் உடைவுப் புலம் 1000–10,000 வோ./சமீ. எனவும்)மிக நெருங்கிய அண்மைக் காலத்தில் கிடைத்த தரவுகளுக் கிணங்குமுகமாக ஒப்புக்கோள்களில் மாற்றங்கள் செய்த போதிலும் மேற்படிப் பெறுமானங்கள் உணரத்தக்க அள வில் பாதிக்கப்படவில்லை.

சின்னஞ்சிறு துளிகள் கொண்டவையும் மூடுபனி போன் றவையுமான மேகங்கள் தொடர்பாகப் புவியீர்ப்பாலா கும் பிறிதொரு மேக முனைவாக்கமுறையானது பிறெங் கல் என்பாரால் ஆராயப்பட்டுள்ளது. இச்சின்னஞ்சிறு துளிகள் வளியிலிருந்து மறையயன்களைப் பற்றும் ஆற்ற லுடையன எனப் பிறெங்கலால் கருதப்பட்டுள்ளது (§ 44 (*b*)) ; எனவே அப்பற்றுதலுக்குப் பின் வளியில் நேரேற்றமிகை[a] கிடைக்கும். ஏற்றம் பெற்ற இச்சின்னஞ் சிறு துளிகள் அகப்புலத்தால் முற்றிலும் தாங்கப்பட்டி ருப்பதில்லை ; அலகுப் பரப்பில் ஆக்கப்படும் முனைவாக்க வேற்றமானது அதே நேரத்தில் உட்கடத்தலாலோ செல வாக்கும் ஓட்டத்தாலோ நடுநிலையாக்கப்படும் ஏற்றத்துக் குச் சமனாகும் வண்ணம் அத்துளிகளின் நகர்வு கீழ்முகமாகவும் மந்தமாகவும் அமையும். இந் " நிலை யான " நிலைமையிலுள்ள அகப்புலம் E_s ஆனது துளிகள் முற்றிலும் தாக்கப்பட்டிருக்கும் சமநிலைப் புலம் E_q என்பதுடன், $E_s/E_q = \Delta/\lambda$ என்னுஞ் சமன்பாட்டால், தொடர்பு கொண்டிருக்கிறது ; இங்கு, λ வானது வளியின் அயன்கடத்தாறும், Δ வானது சின்னஞ்சிறு துளி களால் கடத்தாறுக்கு இன்னும் சிறிதாய் வழங்கப்

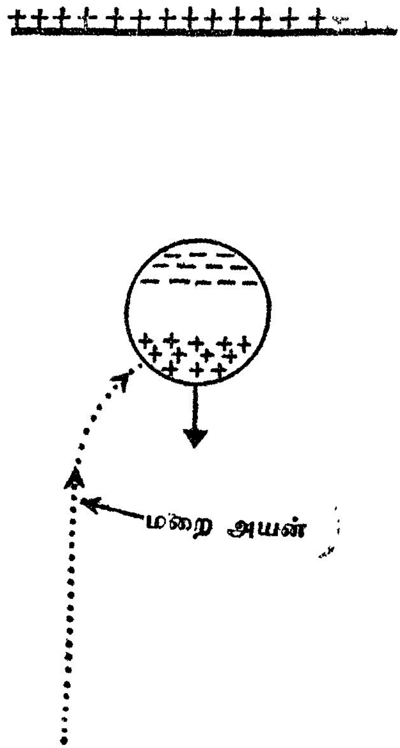
படும் பங்கும் ஆகும். E_s ஆனது 100 வோ./சமீ. என்னும் பருமன் வரிசையின்பாற்படும்; அது E_q வைக் காட்டிலும் நூறுமடங்கு குறைந்தது. நீர் உள்ளுறை இன்னும் கூடுதலாகவிருக்கும் மேகங்களில், நேரயன்கள் தாமாகவே பெரிய துணிக்கைகளைப் பற்றும்; அப்பொழுது இடிமுழக்கமேகத்தில், முனைவாக்கமுறையானது சி. ரி. ஆர். வில்சனுல் கருதப்பட்ட முறைபோன்றதாய் இருக்கும்.

44. இடிமுழக்கமேக மின்னேற்றலுக்குக் கருத்துத் தோற்றுவிக்கப்பட்ட செயல்நுட்பங்கள். (*a*) பெரியகாவிகள் மறையயன்களைத் தேர்ந்து சிறைபிடிக்கும் முறையைப் பொறுத்துள்ள செயல்நுட்பங்கள். சி. ரி. ஆர். வில்சனுல் எடுத்துக்கூறப்பட்ட செயல் நுட்பமொன்று பெரிய நீர்த் துளிகள் அல்லது பனிக் கட்டித்துணிக்கைகளால் வளியிலுள்ள மறையயன்களைத் தேர்ந்து சிறைபிடிக்கும் முறையைப் பொறுத்துள்ளது; இங்கு, வளியில் எஞ்சியிருக்கும் நேரேற்ற மிகையானது மேகத்தின் மேற்பகுதியிலுள்ள மிகச் சின்னஞ்சிறிய துளிகள் அல்லது மூறிந்த பனிக்கட்டித் துண்டுகளால் உறிஞ்சப்படும்.

இச்செயல் நுட்பம் தொழிற்படுவதற்கு இங்கு கருதப்படும் அயன்கள் பெரிய அயன்களாக இருத்தல்வேண்டும் (§ 1). இவற்றின் அசையுந்தன்மை கிட்டத்தட்ட 0·0003 சமீ./செக். ஆதலால், அவ்வப்போதுள்ள மின் புலத்தில் அவற்றின் வேகம் பெரிய காவிகளின் வீழ்ச்சி வேகத்தைக் காட்டிலும் மிகச் சிறிதே.

மேகத்துள், ஏற்கெனவே கீழ்முகமாகத் திசைப்படுத்தப்பட்டிருக்கும் புலமொன்றிலுள்ள பெரிய துளி அல்லது பனிக்கட்டித் துணிக்கையொன்றைக் கருதுக. இப்புலம் காரணமாகத் துளியானது அதன் மேற்பரப்பில் தூண்டிய மறையேற்றமொன்றையும் அதன் கீழ்ப் பரப்பில் தூண்டிய நேரேற்றமொன்றையும் கொண்டிருக்கும் (படம் 20).

பனிக்கட்டித் துணிக்கையொன்றிடத்தும், மின்னுழைய முனைவாக்கத்தால் இது போன்ற ஏற்றப்[3] பரம்பலொன்று ஆக்கப்பட்டிருக்கும் எனச் சாமர்ஸ் (Chalmers) என்பார் காட்டியுள்ளார். இப் பெரிய காவிகள் கீழ்முகமாக அசையுங்காலே, அவை இன்னும் மந்தமாகக் கீழ்முகமாக அசையும் நேரயன்களையும் மேல் முகமாக அசையும் மறையயன்களையும் அணுகும் ; வேறு துளிகள் அல்லது பனிக்கட்டிகள் எதிர்ப்படுதல் அரிது எனக் கருதப்படும். இவ்விரண்டு அயனருவிகளும் எதிர்ப்படுமிடத்துத் துளிகள் ஒழுகும் முறை வேறுபடும். துளியின் கீழ்ப் பரப்பில், மறையயன்கள் கவரப்படும், நேரயன்கள் தள்ளப்படும் ; முந்தியவை பொருத்தமான தூரத்தில் இருந்தால், அவை சிறைப்படுத்தப்படும் ; அப்பொழுது, துளியானது தேறிய மறையேற்றத்தைப் பெறும். துளியின் மறையேற்றம் பெற்றுள்ள மேற்பரப்பானது அயன் அருவிகளிலிருந்து பின்னடைகின்றபடியாலும் நேரயன்கள் துளியைத் தாண்டிச்செல்லுமிடத்து அவை அத்துளியால் தள்ளி வைக்கப்படுகின்றபடியாலும், அம்மேற்பரப்பில் மேற்படி முறையின் புறமாற்று நிகழ்வதில்லை. இத்தகைய எண்ணி



படம் 20. விழும் பெரிய துளிகளால் மந்தமான மறையயன்களைச் சிறைப்படுத்தல.

லடங்கா நிகழ்ச்சிகள் காரணமாகத் துளியானது எண்ணத் தக்க அளவில் தேறிய மறையேற்றத்தைப் பெறமுடிகின் றது ; இருந்தாலும், துளியின் சிறைப்பிடிக்கும் ஆற்றல் உணரத்தக்கவளவில் மாறுது இருக்கும். 1 மிமீ. ஆரையுடைய நீர்த் துளியொன்று 10,000 வோ./சமீ. புலமொன்றில் விழுமிடத்து, அதன் முனையொவ்வொன் றிலும் 0·25 நி. மி. அ. தூண்டிய ஏற்றத்தைக் காவும். 12 நி.மி. ஆ./க. சமீ. என்ற மிகவும் நியாயமான அளவில் துளியால் சேகரிக்கப்பட்ட தேறிய மறையேற்றம் இருக்கு மாறுல், மேல் மறையேற்றத்தின் அதிகரிப்பும், கீழ் நேரேற் றத்தின் குறைவும் ஆகிய ஒவ்வொன்றும் 10 சதவீதத்தில் மட்டுந்தான் இருக்கும். நேரயன்களும் மறையயன்களும் சமச்செறிவுடன் இருக்குமிடத்து, இவ்வண்ணம் சேகரிக் கக் கூடிய உயர்வேற்றமானது $-0{\cdot}52Fr^2$ ஆகும் என விப்பிள்ளும் சாமர்சும் காட்டியுள்ளனர் ; இங்கு F புலவண்மையும், r துளியின் ஆரையும் ஆகும். எனவே, நாம் ஏற்கெனவே கருதிய எடுத்துக்காட்டில் உயர்வேற்றம் 40 நி. மி. அ./க. சமீ. ஆகும். மறையயன்கள் மட்டுமே இருந்தால், சேகரிக்கப்பட்ட உயர்வேற்றமானது $-3Fr^2$ ஆகும் ; அது முந்தியதின் ஆறு மடங்காகும்.

வளியைக் குறித்து, அயன் அருவிகளினது வேகத்தின் அதே வரிசையின்பாற்படும் வேகத்துடன், விழும் நுண் ணிய சின்னஞ்சிறிய துளிகள், பனிக்கட்டித் துணிக்கைகள், மழைப்பனித் துணிக்கைகள் ஆகியவற்றினிடத்து, ஏற் கெனவே விவரித்துக் கூறியுள்ள தேர்ந்தாற்றும் முறை நிகழ முடியாது. எனவே, இவை தேறிய நேரேற்ற மொன்றை உறிஞ்சும் ; அவ்வேற்றமானது பெரிய காவி களாற் சேகரிக்கப்பட்ட மறையேற்றத்தின் நிரப்பியாகும்.

வில்சனின் செயல் நுட்பத்தின்படி உளதாயிருக்கும் புலமொன்று மிகப் பெருமளவில் உயர்த்தப்படும். இப்புல மானது சிறந்த காலநிலையிலுள்ள சாதாரண புலமாகவோ,

விவரித்துக் கூறவிருக்கும் வேறு செயல் நுட்பங் களுளொன்ருல் தொடக்கத்தில் ஆக்கப்படும் புலமாகவே இருக்க முடியும். ஆய்கூடச் சூழ்நிலையில் வில்சனின் முறை செயற்படும் எனக் கொற (Gott) என்பார் காட்டியுள்ளார் ; ஆனல், அதுவே இடிமுழக்கமேகங் களின் புலங்களை ஆக்குதலில் முதன்மை வாய்ந்து விளங் குகிறது என்பதுபற்றிப் பொதுவாகக் கருத்து ஒற்றுமை யில்லை. மின்புலம் மிகப் பெருமளவில் வலிமை பெற்றி ருக்கும்வரை, வில்சனின் முறை பயன்படக் கூடியதாக இருப்பதற்குத் தேவையான பேரயன்கள் அரிதாய்ச் செறிந் திருப்பது ஒரு குறையாகவுள்ளது எனக் கூறப்படுகிறது.

நீர்த்துளிகள் அல்லது ஈரமான பனிக்கட்டிப்பளிங்கு களால் சிறு மறையயன்கள் தேர்ந்து புறத்துறிஞ்சப்படு கின்றன என்ற அடிப்படையில் பிறெங்கலின்[5] கொள்கை அமைக்கப்பட்டுள்ளது. நீர் மூலக்கூறின் முனைவுத் தன்மை காரணமாக, இத்தகைய காவிகளின் தோலானது மின்னிரட்டையடுக்கொன்றைக் கொண்டிருக்கின்றது எனக் கருதப்படுகிறது ; அவ்வடுக்கில் நேர் முனைவுகள் புற முகமாக அமைந்திருக்கும். துளிக்கும் அதைச் சூழ்ந் திருக்கும் நேரயன் மேகத்துக்குமிடையே அழுத்த வித்தி யாசம் v_0 ஆக்கப்படும் வரை, இம்முனைவுத்தன்மை காரண மாக வளியிலிருந்து மறையயன் சிறைப்படுத்தல் தூண்டப் படும். இவ்வண்ணம் சேகரிக்கப்பட்ட சமநிலை மறையேற் றமானது $v_0 r$ ஆகும் ; இங்கு, r துளியின் ஆரையும் v_0, 0·25 வோ. உம் ஆகும். இச்செயல் நுட்பத்தால், சிறிய துளிகளுக்கு கணிசமான அளவில் மறையேற்ற அடர்த்தி வழங்கப்படும் ; ஆனல், பெரிய துளிகளிடத்து (r = 0·1 சமீ., ஏற்றவடர்த்தி 0·02 நி. மி. அ./க. சமீ.) அத்துணைப் பயன்படமாட்டாது ; மேலும், அது வன்மை மிக்க புலங்களைத் தரமாட்டாது. பிறெங்கல், தம் கொள் கையை விரிவாக்குமுகமாக, அடுத்துள்ளவையும் கீழ்

முகமாக அசைகின்றவையுமான சின்னஞ்சிறு துளிகள், அவற்றிற்கிடையேயுள்ள நீரியக்கவியல் விதிகள் காரண மாக, ஒன்றேடொன்று பிணைந்து பெரிய துளிகளா கின்றன எனக் கருதலானுர். அவற்றின் கீழ்முகமான பறத்தலின்போது, இப்பெருந்துளிகள் மந்தமாக அசையும் சின்னஞ்சிறு துளிகளைப் பொறுக்கியெடுத்து, அவற்றின் மீதுள்ள ஏற்றத்தைச் சேகரிக்கும்; இவ்வண்ணம், r^3 உடன் மாறுகின்றதான ஏற்றமொன்று கிடைக்கும்; மேலும், இன்னும் உயர்ந்த புலங்கள் ஆக்கப்படும். இக்கொள்கையானது பரிசோதனைமுறைப்படி சோதிக்கப்பட வில்லையெனவுந் தோற்றுகிறது.

(b) நிலைமாற்றம் காரணமான மின்னேற்றுதலில் தங்கி யுள்ள செயல் நுட்பங்கள். அதனது வளர்ச்சியின் தொடக்க நிலையில், மஞ்சு மேகமானது கிட்டத்தட்ட முற்றி லும் நீர்த்துளிகளாலானது. உறைமட்டத்துக்கு மேலே யுள்ள மேகப்பகுதியில், சின்னஞ்சிறு துளிகளில் சில நிலைமாருது மிகைக்குளிர்ச்சி பெற்றிருக்கும். மேக வுச்சி ஏறுங்காலே, இச்சின்னஞ்சிறு துளிகள் பனிக் கட்டித் துணிக்கைகளாகக் கூடிக்கொண்டே போகின்ற விகிதத்தில் ஒன்றில் நேரடியாக அல்லது விசேட "பதங்கமாக்கலுக்கான கருக்கள்" இன் தாக்கத்தால் மாற்றப்படும். இம்முறைகளின் பயன்பாடானது குறையும் வெப்பநிலையுடன் அதிகரிக்கும், எனவே அதிகரிக்கும் உயரத்துடனும் கூடும். வெப்பநிலை தாழ்ந்திருக்குமிடத்து, இவ்வண்ணம் ஆக்கப்பட்டிருக்கும் பனிக்கட்டித்துணிக்கை கள், அவற்றைச் சூழ்ந்திருக்கின்ற, மிகைக்குளிர்ச்சிபெற்ற துளிகளின் செலவில், மிகு விரைவாக வளரும். துளிகள், அளவில் பெரிதாகுமிடத்து விழும்; எனவே, முழு வளர்ச் சியுற்ற இடிமுழக்கமேகமானது வன்ஞெலி, மென்ஞெலி, மழைப்பனித் துணிக்கைகள், உறைபனிப்படிவால் மூடப் பட்ட பனிக்கட்டிகள் (graupel), நீர்த்துளிகள் ஆகிய வற்ருலான சிக்கலான கலவையொன்றைக் கொண்டி

ருக்கும். அவை ஏறியுள்ள அல்லது இறங்கியுள்ள வெப்பநிலை மட்டங்களுக்கிணங்க மேற்படி ஆகாய நீர்க் கற்களின் வளர்ச்சியோ தேய்வோ வெவ்வேருன கட்டங்களில் இருக்கும், அவை ஓயாமல் ஒன்ருேடொன்று மோதிக்கொண்டும் பிணைந்துகொண்டும் இருக்கும். நிலைமாற்றங்களும், இவ்வண்ணம் நிகழும் மோதுதல் பிணைதல் முறைகளும் மின்னேற்றவுற்பத்தி உண்டாதற்குப் பலவகையான வாய்ப்புக்களை அளிக்கும். இவ்வடிப்படையில் பல நிகழக்கூடிய செயல் நுட்பங்கள் கருதப்பட்டுள்ளன ; அவற்றுள் பெரும்பான்மையானவை பரிசோதனை முறைப்படி சோதிக்கப்பட்டுக் கீழேயுள்ள அட்டவணை VIII இல் தரப்பட்டுள்ளன.

இலக்கம் 7 ஆவது செயல் முறைமையில் நிலைமாற்றம் நடைபெறுவதில்லை ; இருந்தாலும், அதில் பனிக்கட்டி இடம் பெற்றிருக்கிறபடியால், அதுவும் அட்டவணையில் சேர்க்கப்பட்டுள்ளது ; அதுபற்றி இதுவரை நடாத்தியுள்ள பரிசோதனைகளால் முரண்படும் செய்திகளே கிடைத்துள்ளன. இலக்கம் 6 ஆவது செயல் நுட்பமானது சரியான முனைவுத் தன்மையுடைய துவிமுனைவை உண்டுபண்ணமாட்டாது ; அது மேகத்தின் தாழ்ந்த மட்டங்களில் மட்டும்தான் தொழிற்படமுடியும் ; அம்மட்டங்களில், சிம்சனின் "உடை" துளிச்செயல் நுட்பத்தில் உள்ளது போல, அது கீழான ஏற்றம் *p* யின் ஆக்கலிலும் அவ்வேற்றத்துக்கு மேலேயுள்ள *N* ஏற்றத்தைப் பலப்படுத்துதலிலும் பங்குபற்றலாம் (படம் 15). முதலாவது செயல் நுட்பத்துடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கில் ஃபின்டைசனல் (Findeisen) தரப்பட்டுள்ள 2 ஆவதும் 3 ஆவதுமான செயல் நுட்பங்கள் குறைவான பொருண்மையுடையன எனக் கருதல் வேண்டும் என்று கிருமரின் பரிசோதனைகள் சுட்டுகின்றன.

எஞ்சியிருக்கும் செயல் நுட்பங்கள் 1, 4, 5 என்பன மிகைக்குளிர்ச்சிபெற்ற துளிகளின் உறைதலால் விளையும் மின்னேற்றுதலை அடிப்படையாகக் கொண்டிருக்கின்றன ;

அவ்வுறைதலானது (5 இல்) நேரடியாகவும் (1 இலும் 4 இலும்) விழும் சிறு பனிக்கட்டித்துண்டுகளின் தொடுகையாலும் உண்டாகும். இவற்றுள் ஏதேனுமொன்று தலைமை மேகத் துவிமுனைவு உண்டாதலுக்குப் பொறுப்பாயிருக்குமாறுல், அப்பொழுது முதன்முதலில் நிகழும் மின்னலானது மேகத்தில் பனிக்கட்டி நிலைமையினது அபிவிருத்தியின் முதலாவது கட்டத்துடன் நெருங்கிய தொடர்புகொண்டிருத்தல் வேண்டும். பிந்தியது அதன் முறையில், உயரத்துடன், எனவே மேகத்துள் மிகைக் குளிர்ச்சிபெற்ற துளிகள் மேலிழுப்பால் உயர்த்தப்பட்டு அடையும் வெப்பநிலை—மட்டத்துடன், தொடர்புள்ளது.

“மேக எதிரொலி” எனப்படுவதின் நுணுக்கலை இரேடார் முறைப்படி ஆராய்ந்ததுபோல், மேகத்துள், அதனது வெவ்வேறான கட்டங்களில், பெரும் துளிகளின் உயரம் பற்றிய செய்திகள் அண்மைக்காலத்திலும் கிடைத்துள்ளன. உணரத்தக்க அளவில் பனிக்கட்டிப் பளிங்குகள் உண்டாகக் கூடிய வெப்பநிலை மட்டத்துக்கு மிகைக்குளிர்ச்சிபெற்ற சின்னஞ்சிறு துளிகள் உயர்த்தப்படும்வரை மின்னல் ஆக்கலுக்குப் போதிய அளவில் புலங்களைத் தருவதற்கான முன்னேறிய மின்னேற்றலானது ஆக்கப்படமாட்டாது என இவ்வாராய்ச்சிகள் உணர்த்துகின்றன; அவ்வெப்பநிலை மட்டமானது $-28°$ச. யிலிருந்து $-40°$ச. வரையுள்ள வீச்சில் கிடக்கும் எனப் பலவாறு தரப்பட்டுள்ளது.

மிகைக்குளிர்ச்சிபெற்ற துளிகளிலிருந்து பனிக்கட்டி—அவத்தை உண்டாகியுள்ள அதே சமயத்திலேயே, ஏதோவோர் உறைதல் வகையின் பயனுக, இடிமுழக்கமேகத்தின் முதன்மையான துவிமுனைவு மின்னேற்றுதல் நிகழக் கூடியது என மேற்படி நோக்கல்களும், அவற்றுடன் N ஏற்றமானது கணிசமானளவு நிலைக்குத்து விரிவுடையதும் அதன் முடி மிகத் தாழ்ந்த வெப்பநிலை மட்டங்களை அடைந்திருக்கின்றதுமான நிரலில் இடங் கொண்டிருக்

இன்றது என மாலனும் இந்நூலாசிரியரும் (§37(4)) வந்த முடிவும் உணர்த்துகின்றன. அப்பொழுது, பெரிதான ஏற்றக்காவிகள் கீழ்முகமாக இறங்கி, புலமொன்றைத் தாபிக்கும்; அப்புலமானது தீப்பொறி முறையுடைவுக்குத் தானே போதியதாயிருக்கும்; இல்லாவிட்டால் அதன் பொருட்டு சி. ரி. ஆர். வில்சனின் தேர்ந்து மின்னேற்றுஞ் செயல் நுட்பத்தால் உயர்த்தப்படலாம். மேகத்தின் கீழ்ப் பாகத்தில் உருகும் ஆவிக்கற்கள் மீது சின்னஞ்சிறு துளிகள் மோதி எழும்புவதால் பிறிதோர் உயர்வுபடுத்தும் முறை நிகழலாம்; அது வேக்மன், றெனல்ஸ்[6] (Workman & Reynolds) ஆகியோரால் ஆராயப்பட்டுள்ளது.

45. மின்னேற்றம்பெற்ற மேகங்களிலிருந்தான மழை மீதுள்ள ஏற்றம். இடிமுழக்கமேகமொன்றிற்குக் கீழே மின்புலத்தின் குறியானது மறையாக விஞ்சி மேம் பட்டிருக்கும் போது,அம்மேகம் தரும் மழை மீதுள்ள ஏற்றமானது பெரும்பாலும் நேர்க் குறியுடையது என நீண்ட காலமாகத் தெரிந்திருக்கின்றது (§33). இச்செய்தியைப் பண்பறியும் அளவில் சி. ரி. ஆர். வில்சனின் தேர்ந்து அயன்சிறைப்பிடித்தல் நுட்பத்தால் விளக்க முடியும் (§ 44 (*a*)). இந்நுட்பமான படம் 20 இல் இருக்கிறதுபோல, ஆனால் அவ்விளக்கப்படத்திலுள்ள எல்லாக் குறிகளும் நேர்மாறுக்கப்பட்டுத் தொழிற்படும்; நிலத்தில் ஆக்கப்படும் புள்ளியிறக்கத்தால் வளம் பெற்றிருக்கின்ற நேரயன்கள் மேனோக்கி மேகத்துக்குச் செல்லுங்காலே, அவற்றுள் பெரும்பான்மையானவை பல் வேறு வகைக் கருக்களாற் சிறைப்பிடிக்கப்பட்டுப் பாரமான அயன்களாக மாற்றப்படுகின்றபடியால், அந்நுட்பம் மிகப் பெருமளவில் பயன்படும் என எதிர்பார்க்கலாம்.

கியூவில் எடுக்கப்பட்டுள்ள முதன்மைவாய்ந்த நோக்கற்றொடரொன்றில், சதுரசதமமீற்றர் நிலத்துக்கு மழை

அட்டவணை VIII

	பிரேரித்தவர்.	ஏற்றங் காவிகள்		உற்பத்தி முறைமை.	பாரமான காவி மீதுள்ள ஏற்றத்தின் குறி.	குறிப்புக்கள்.
		பாரமானவை.	இலேசானவை.			
1	∴பின்டைசனும் இருமரும் (Findeisen & Kramer)	பெரிய, உறை பனிப் படிவால் மூடப்பட்ட பனிக் கட்டித் துணிக்கைகள்	அவைபோன்ற, ஆனால் சிறியவை	பனிக்கட்டி மீது உறை பனி படிவு உண்டாதற்குப் பனிக் கட்டியுடன் மிகக் குளிர்ச்சி பெற்ற துளிகள் பிணைதல்	—	இங்கு முறிந்த சிறு உறை பனிப் படிவையுடைய பனிக் கட்டித் துணுக்குகள் நேரேற்றம் பெற்றிருக்கும்
2	∴பின்டைசன்	பனிக்கட்டி	பனிக்கட்டிச் சிராய்கள்	துளிகளின் பதங்கமாக்குதலால் பனிக் கட்டியின் வளர்ச்சி	+	இது அற்பமானது எனப் பரிசோதனை முறைப்படி (இராமரால்) காணப்பட்டுள்ளது
3	∴பின்டைசன்	பனிக்கட்டி	பனிக்கட்டிச் சிராய்கள்	பனிக்கட்டி ஆவியாதல்	+	மேலே 2 ஆவதற்குரியதைப் போல

4	**வேக்மனும் றெனல்சும் (Workman & Reynold)**	பனிக்கட்டி	மிகைக் குளிர்ச்சி பெற்ற துளிகளின் துணுக்கு	ஆவியாக்கல் மீது மெருகிட்ட பனிக்கட்டி உண்டாதல்	—	வளியில் $CaH_2(CO_3)_2$ சிறிதளவில் இருக்குமிடத்துப் பயன்தரும் தன்மை கூடும்
5	சாமர்ஸ் **(Chalmers)**	பனிக்கட்டி	நீர்த்துளிகள்	மிகைக் குளிர்ச்சி பெற்ற துளிகளின் திடீரான உறைதல்	—?	பரிசோதனை முறைப்படிச் சோதிக்கப்படவில்லை
6	டிங்கரும் ரொஸ் கன்னும் **(Dinger & Ross Gunn)**	நீர்	?	தாழ்மட்டங்களில் பனிக்கட்டி உருகுதல்	+	உணரத்தக்க அளவில் விளைவு இருக்க வேண்டுமானால், உருகுதலுக்கு முன் கரைந்த வாயுக்கள் இருத்தல் வேண்டும்
7	சிம்சனும், ஸ்கிரேசும் **(Simpson and Scrase)**	பனிக்கட்டி	?	மோதுகையால் உராய்வு மின்னேற்றுதல்	—	தென்துருவப் பிரதேசத்தில் உறைபனிப் புயலின் போது கிடைத்த நோக்கற்பேறுகளிலிருந்து அனுமானிக்கப்பட்டுள்ளது

யால் வழங்கப்படும் ஓட்டம் i யை, அத்துடன் ஒருங் கமையும் மழைபொழிவு வீதம் R, ஏற்றத்திலுள்ள புள்ளியொன்றிலிருந்து பாயும் புள்ளியிறக்கவோட்டம் I ஆகியவற்றின் பதிவுகளுடன் சிம்சன்[6] ஒப்பிட்டுள்ளார். 2000 வோ./மீ. என்பதை விஞ்சும் அழுத்தப்படித்திறன் களிடத்து, $i \propto -I \times R^{0.57}$ என்னும் தொடர்பைப் பெற்றுள்ளார். அதிலிருந்து,

(i) மேற்படிப் புலங்களில், மழைமீதுள்ள ஏற்றத்தின் குறியானது அவ்வப்போது தொழிற்படும் புலத்தின் குறிக்கு எப்பொழுதும் எதிரானது (ஆடி—விம்ப விளைவு).

(ii) தரப்பட்ட மழைப்பொழிவு வீதமொன்றினிடத்து, மழையோட்டமானது புள்ளியிறக்கவோட்டத்திற்கு விகித சமன்.

(iii) புள்ளியிறக்கவோட்டமானது மாருதிருக்குமிடத்து, மழையோட்டமானது மழைபொழியும் வீதத்துடன், இட் டத்தட்ட $\sqrt{R}$ என்பதுடன், கூடியோ குறைந்தோ, மாறும், என்பது தெளிவாம்.

மழையானது அதனது ஏற்றத்தைப் புள்ளியிறக்க வயன்களிலிருந்தே பெறுகின்றது என்பதை இப்பேறுகள் தெளிவுபடுத்துகின்றன. இறுதியில், அதிக மழை பெய்யுங் கால், எல்லாப் புள்ளியிறக்கவயன்களும் மேல்நோக்கிச் செலுத்தப்பட்டு, நிலத்துக்கு மீண்டும் கொண்டுவரப் படும் ; அக்கட்டத்தில், மழையோட்டமானது நிலத்தில் சதுர சதமமீற்றருக்கு மதிப்பிட்ட புள்ளியிறக்கவோட்டத் துக்குச் சமன் எனக் காணப்படும். இப்பேறுகளை அளவறி யக்கூடிய வகையில் விளக்கிவைக்க வில்சனின் செயல் நுட்பம் மட்டும் போதுமா என்பது இன்னும் ஆராயப்பட்டு வருகின்றது ; விழும் துளிகளின் மின்னேற்றுதலில் ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட செயல் நுட்பங்கள் தொழிற்படு கின்றன என்பது நடக்கமுடியாத காரியமன்று. மழை யோட்டமானது தன்பாட்டில் துளிகள் மீதுள்ள ஏற்றத்

தின் புள்ளிவிபரச் சராசரியைத் தரும்; இருந்தாலும், தனித் துளிகள் மறைக் குறிகளைக்கொண்ட ஏற்றத்தைக் காவக்கூடும் என்பதற்குச் சான்றுமுளது.

இலேசானதும் உறுதியானதுமான மழையிலும், சில பொழிவுகளிலும், நிலத்தில் மின்புலமானது பொதுவில் மறையாகவும் −1000 வோ./மீ. போன்று அத்துணை உயர்வாகவும் இருக்கின்றது எனச் சிம்சன் நோக்கியுள்ளார். புலம் நேராக இருந்தால், அது கிட்டத்தட்ட +400 வோ./மீ. பெறுமானமுடைய நேர்த்தியான காலநிலைப் படித்திறனை அருமையாகத்தான் விஞ்சும். அப்போதுள்ள மழையானது நேரேற்றம் பெற்றிருக்கும்; அவ்வேற்றமானது, அதனது நேர்த்தியான காலநிலைப் பெறுமானத்திலிருந்து புலம் வேறுபடுகிற அளவுக்கு, விகித சமன் எனக் காணப்படுகின்றது. இச்செய்திக்கு இதுவரை யாதொரு விளக்கமும் தரப்படவில்லை.

மேற்கோள் ஆராய்ச்சிக் கட்டுரைகள்

[1] மேற். 10, அதி. III.

[2] மேற். 16*b*, அதி. II.

[3] J. A. Chalmers, *Quart, Fourn. Roy. Met. Soc.*, **73**, p. 324 (1947)

[4] F. J. Whipple and J. A. Chalmers, *ibid.*, **70**, p. 103 (1944).

[5] மேற். 16, அதி. II.

[6] E. J. Workman and S. E. Reynolds, *Phys. Rev.*, **78** P. 254 (1950).

[7] Sir G. Simpson, *Met. Office, Geophys. Mem.*, **84** (1949).

பொதுவான மேற்கோள்கள்

Victor F. Hess., *The Electrical Conductivity of the Atmosphere and its Causes*, English translation by Codd, gives a detailed account of the matter treated in Chapter I, up to the year 1927.

The Dictionary of Applied Physics, Vol. 3, contains a valuable article on "Atmospheric Electricity" by C. T. R. Wilson.

Encyclopaedia Britannica, 1910, Art. "Atmospheric Electricity by C. Chree.

K. Kähler, *Einführung in die Atmos Phä arische Elektrizität*, gives details of instruments and the technique of measurement.

E. Von Schweidler, *Einführung in die Geophysik*, II, Art. "Luftelektrizität."

K. Kähler, *Die Elektrizität der Gewitter*.

A. Gocklel, *Die Luftelektrizität*.

B. Chauveau, *Electricité Atmosphérique*.

E. Mathias and Collaborators, *Traite d' Electricité Atmos, phérique et Téllurique*.

J. A. Chalmers, *Atmospheric Electricity*, Clarendon Press, 1949. *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, *ed*. J. A. Fleming, Dover Publications, New York (1949).

T. W. Wormell, *Atmospheric Electricity*, Quart. J. Roy. Met. Soc., 79, 11, 1953.

For general references on lightning, See Chapter II, refs. 1, 9, 10.

பாடச் சுட்டி

அண்டக் கதிர்ப்பு, 11, 16
அயன் எண்ணி, 5
அயன்கள், இடை, 3
அயன்கள், சிறிய, 2
  அசையுந்தன்மை, 2, 6
  ஏற்றம், 3
  க. சமீ. இற்கான எண்ணிக்கை, 3
  கடத்தாற்றில் விளைவு, 7, 52
  சராசரி ஆயுட் காலம், 24, 27
  சிறைப்படுத்தல், 4, 23
அயன்கள், பெரிய, 2
  அசையுந்தன்மை, 3
  உண்டாதல், 2, 23
  ஏற்றம், 3
  க. சமீ. இற்கு எண்ணிக்கை, 3
  கடத்தாற்றின் விளைவு, 7, 52
அயன்கள், வளிமண்டல, 1
அயனுக்க நடுநிலை, 27
அயனுக்கம், எச்ச, 17 ;
  சமுத்திரங்களுக்கு மேலே, 25, 28 ;
  மூடிய பாத்திரத்தில், 17
அழுத்தப் படித்திறன், புலம் எங்கணும் பார்க்க

இட ஏற்றம், 38, 49
இடிமுழக்கமேகங்கள, அத்தியாயங்கள், III உம் V உம்
  அழுத்தங்கள், 98
  எண்ணிக்கை, 46
  ஏற்றங்களை வேருக்கல், 127
  ஏற்றத்தின் மீட்சி, 78, 96, 129
  ஏற்றப் பரம்பல், 86
இடிமுழக்கமேகங்கள், கலங்கள், 87
  சம்பந்தப்பட்ட சக்தி, 100
  படிவுவீழ்ச்சியில் ஏற்றம், 59
  பிறப்பாக்கச் செயல்முறைகள், 125
  புல மாற்றங்கள், 89
  மின்புலங்கள் ; உள்ளே, 66, 99
    வெளியே, 81
  முனைவுத்தன்மை, 86
இடை அயன்கள், 3
இரேடார் மேக எதிரொலிகள், 136

ஈபேற் அயன் எண்ணி, 4

உடன்காவுகை ஓட்டம், 45
உயரமின்வரையி, 84

எச்ச அயனுக்கம், 17
ஏற்கன் எண்ணி, 7 ; கருக்கள், கருக்கள் என்பதன்கீழ்ப் பார்க்க
ஏற்றத்தின் விரயம், 9

ஒடுக்கற் கருக்கள் ; கருக்கள் என் பதனகீழ்ப் பார்க்க

கடத்தலோட்டம், நேர்த்தியான காலநிலை ஓட்டம் என்பதன் கீழ்ப் பார்க்க
கதிரப்புககளின அயனுக்கல் வலு, 12, 22
கருக்கள் ; எண்ணல், 6 ;
  சிற்றயன்களின் ஆயுட்காலமீது விளைவு, 24 ;

கருக்கள், பதங்கமாக்கல், 134 ;
புகை அழுக்கு, 42 ;
புலத்தின்மீது விளைவு, 43
கருக்கள், ஏற்கன் அல்லது ஒடுக்கல், 2
காந்த இலிங்குகள், 122
கிளைடொனொவரையி, 121
கெல்வினின் நீர்ச் சொட்டி, 35
கேர்டியன் கடத்தாற்று ஆய்கருவி, 11

சமவிடியி மட்டம், 73
சாதாரண அயன்கள், அயன்கள், சிறிய என்பதன்கீழ்ப் பார்க்க
செயின்ற் எல்மோவின் தீ, புள்ளி இறக்கம் என்பதன் கீழ்ப் பார்க்க

திரட்டிகள், 35
துளிகள், மின்புலங்களில் வடிவழிவு, 98
மின்னேற்றல், நிலை மாற்றத்தால், 134 ;
முறிதலால், 126 ; வில்சன் முறையால், 130
தூசு எண்ணி, 7
தூசுப் புயற் புலங்கள், 56

நிலைமின், 121
நேர்த்தியான காலநிலை ஓட்டம், 44
அளவீடு, 46
உட்பொருள், 54
மாறல், உயரம், நேரம், காலம் ஆகியவற்றுடன், 52
நேர்த்தியான காலநிலைப் புலம், 30
அளவீடு, 34
ஆரம்பம், 65
தொடர்ந்து பதிவுசெய்தல், 36
மாறல், உயரம், நேரம், காலம் ஆகியவற்றுடன், 38, 40

படிவுவீழ்முறை ஓட்டம், 59, 65
பதங்கமாக்கலுக்கான கருக்கள், 134
பல்குரோனோவரையி, 122
பலநோக்கு மின்மானி, 32
புலங்கள், இடிமுழக்கமேகங்களிலிருந்து, 81 ;
குழம்பிய காலநிலையில், 56 ;
மூடுபனியில், 52, 57
புல மில், 37, 85
புவிக் கதிர்ப்பு, 13
புவிமீதுள்ள ஏற்றம், 30 ;
பேணல், 64
புள்ளி இறக்க ஓட்டங்கள், 60, 86 ;
புள்ளி இறக்க ஓட்டங்களும் இடிமுழக்க மேகங்களும், 97 ;
புவியின் ஏற்றமும், 64
பெருக்கி அலைவுவரையி முறை, 82
பொற்றுசியம், காமாக் கதிர்கள், 13
போயிசின் படப்பெட்டி, 103

மந்தமான அயன்கள், அயன்கள், பெரிய என்பதன்கீழ்ப் பார்க்க
மயிர்த்துளை மின்மானி, 73
மழைப்பனிமீதுள்ள ஏற்றம், 57
மழைப்பனியின்போது புலம், 56
மழைமீதுள்ள ஏற்றம், 57, 137
மின் பாயமானி, 37, 85
மின்மானி : எடுத்துச்செல்லத்தக்க பலநோக்கு, 31 ; மயிர்த்துளை, 73 ; பென்டோர்ஃப், 37
மின்வாய் இடவேற்றம், 49
மின்னல், அத்தியாயம் IV
அருவிக்கொடிகள், 103, 114
அருவிக்கொடி வேகங்கள், 109
எம்பயர் ஸ்ரேற் கட்டிடம், 111
ஒளிப்படவியல், 103

மின்னல், ஓட்டங்கள், 121
கொண்ட ஏற்றம், 95, 122
சந்தி அருவிக்கொடிகள், 114
நாடா, 103
பனிச்சீடுகளின் மீடிறன், 72
பின்னடிப்பு அருவிக்கொடிகள், 119
பின்னடும் அடிப்புக்கள், 101, 115
புல மாற்றங்கள் ; தூண்டல், கதிர்ப்பு, 120 ;
நிலைமின், 113
புல மீட்சி, 78, 96, 128
புவியின் ஏற்றத்தில் விளைவு, 65
புறமாற்றத் தூரம், 89, 90
மின் திருப்பங்கள், 95
மின்னிறக்கக் கணியங்கள், 95, 123
முன்னோடி, 104 ; ஏவுகணை, 108 ;
படிமுறை, 107, 118 ; பொறியமைப்புகள், 115 ; வலவு, 118
முனைவுத்தன்மை, 91
மேகவிறக்கங்கள், 101
வளியிறக்கங்கள், 101
M கூறுகள், 109
முனைவுக் கடத்தாறு, கடத்தாறு என்பதன்கீழ்ப் பார்க்க
மேல் வளிமண்டலம் ; அமுத்தம், 39 ;
ஓட்டங்கள், 68
வளிக் கதிர்ப்பு, 13
வளி–புவி ஓட்டம், நேர்த்தியான காலநிலை ஓட்டம் என்பதன்கீழ்ப் பார்க்க
வளிமண்டல அயனுக்கத்தின் சமநிலை, 21, 27
வளிமண்டலக் குழப்பங்கள், 121
வளிமண்டலத்தின் கடத்தாறு —அளவீடு, 9
மாறல், உயரத்துடன், 53 ;
நேரத்துடனும் காலத்துடனும், 52
முனைவு, 7
விளைவு, அமுக்கின், 41, 52 ;
பெரிய அயன்களின், 9
வளியிற் சுரப்பு, 13
வளியினதும் புவியினதும் கதிர்த் தொழிற்பாடு, 13, 52
விரைவான அயன்கள், அயன்கள், மந்தமான என்பதன்கீழ்ப் பார்க்க
வோல்ற்றுமானி, நீர், 63

பெயர்ச் சுட்டி

அப்பிள்ரன், 82, 100

ஈபேற், 5

எக்ஸ்புளோறர் II, 53, 55
எல்டர், 124
எல்ஸ்ரர், 1
ஏற்கன், 2, 7

ஓ பிரொல்சேன், 29

ஃபிராங்ளின், 60
ஃபிளெமிங், 142
ஃபிறெங்கல், 69, 71, 129, 133
ஃபின்டைசன், 138
ஃபொன் ஷிவைட்லா, 24, 27, 29, 142

கன், 85, 99, 100, 139
காணேகி, நீ. க., 28, 40, 43
கிருமர், 135, 138
கிறறயிப், 100
கிஷ், 68, 71, 95
கிஷ்வெண்ட், 59
கெல்வின், 36
கேடியன், 10
கேலா, 142
கைற்றல், 1
கொக்கல், 142
கொல்ஹீஸ்ரர், 16
கொலின்ஸ், 106, 110, 124
கொற், 133
கோல்ட், 124

சாமர்ஸ், 131, 132, 139, 141, 142
சிம்சன், 42, 58, 84, 93, 100, 118, 126, 139, 140, 141

சின்டெல்ஹவர், 58
சுவான், 6

டலிபாட், 60
டிங்கர், 139
டி சாச்சி, 29

நோலன், 6, 7, 9, 23, 29, 58

பால்டி, 58
புறுக்ஸ், 72, 100
புறுஸ், 124
பெக், 124
பெறி, 124
பென்டோர்ஃப், 37
போயிலன், 29
போயிஸ், 103

மக்கான், 122, 124
மக்கி, 97
மக்கிலெல்லண்ட், 58
மக்கீக்கிரன், 111, 123, 127
மத்தையெஸ், இ., 142
மத்தையெஸ், ஓ., 25, 29
மார்விக், 58
மாலன், 71, 85, 106, 110, 115, 124, 137
மீக், 124
மௌக்லி, 43, 71

யென்சன், 89

லெமொணியர், 30, 60
லேன்ஜவான், 2
லேஞட், 126
லோயெப், 124

வாக்ணர், 122
வான்கூர், 29
விகாண்ட், 53, 65, 71
விப்பிள், 41, 51, 69, 71, 86, 100, 132, 141
வில்சன், 29, 31, 61, 66, 71, 74, 87, 91, 97, 100, 127, 130, 142
வெயிற், 68, 71, 95
வேக்மன், 137, 139, 141
வொற்சன், 71
வொன்சன்–வாற்று, 82, 100
வோர்மல், 62, 67, 71, 91, 92, 100

றுசல்ஃபெற், 38
றெணல்ஸ், 137, 139, 141
றெபின்சன், 93, 100
றேல், 29

ஷிறி, 142
ஷொன்லந்து, 62, 71, 89, 91, 100, 106, 113, 124, 137
ஷோவோ, 142

ஸ்கிறேச, 71, 84, 86, 93, 100, 126, 139

ஹலிடே, 89, 91
ஹெஸ், 16, 25, 29, 142
ஹேகன்குத், 111
ஹேட், 82, 100
ஹொக், 29, 51, 71
ஹொஜ்ஜஸ், 124