# அலகு - I
# தரவு ஆய்வு
## (Data Analysis)

பகுப்பாய்வு வேதியியலில் நமக்கு ஏராளமான தரவுகள் கிடைக்கும். இத்தரவுகளை ஆய்ந்து அவற்றிற்கான பொருள் விளக்கம் தருவது எங்ஙனம்? அதைப்பற்றி இப்பாடத்தில் காண்போம்.

### வேதியியல் ஆய்வுகளில் ஏற்படும் பிழைகள்

***பிழைக்கான வரையறை :***

ஒரு பண்பின் அளவிடப்பட்ட மதிப்பிற்கும், அதன் துல்லியமான மதிப்பிற்கும் இடையேயுள்ள வேறுபாடே பிழை என்பதாகும்.

***விளக்கம் :***

வேதி ஆய்வின் போது குறிப்பிட்டதொரு பண்பின் மதிப்பினை நாம் அளவிடுகிறோம். எ.கா. ஒரு பொருளின் எடை, ஒரு கரைசலின் கன அளவு ஆகியவற்றை நாம் அளவிடுகிறோம். மிகவும் திறமை வாய்ந்தவர்கள் மிகச்சிறந்த கருவிகளைப் பயன்படுத்தி அளவீடுகளை நிகழ்த்தும் போது மட்டுமே துல்லியமான முடிவுகள் கிடைக்கும். இது கிட்டத்தட்ட இயலாத ஒன்றாகும். பொதுவாக, ஒரு பண்பின் அளந்தறியப்பட்ட மதிப்பு அதன் துல்லியமான மதிப்பாக எப்போதும் இராது. இவையிரண்டிற்குமிடையேயுள்ள வேறுபாடே பிழை எனப்படுகிறது. அளவீடுகளில் ஏற்படும் இத்தகைய பிழைகள் பண்பின் துல்லியம் மற்றும் திட்பம் ஆகியவற்றைப் பாதிக்கும். எனவே, இவ்வாறு பெறப்பட்ட ஆய்வுத் தரவுகள் நம்ப இயலாதவையாகி விடுகின்றன. வேதி ஆய்வில் ஏற்படும் இத்தகைய பிழைகளைப் பற்றி அடுத்துவரும் பக்கங்களில் படிப்போம்.

### பிழைகளின் வகைமீடு (Classification of errors) :

வேதி ஆய்வுகளில் ஏற்படும் பிழைகள் இருவகைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. அவையாவன ;

i. வரையறுக்கப்பட்ட பிழைகள்

ii. வரையறுக்கப்படாத (அங்கொன்றும் இங்கொன்றுமான) அல்லது தற்செயலான பிழைகள்.

தரப்பட்ட ஒரு பிழை மேற்கூறப்பட்ட இரு வகைகளில் எதைச்சாரும் என்பதை

உறுதியாகக் கூறுவது கடினம். கிட்டத்தட்ட இயலாதது என்பதை நாம் நினைவில் கொள்ள வேண்டும். இருப்பினும் ஆய்வுகளில் ஏற்படும் பிழைகளை விவாதிக்க இவ்வகைப்பாடு பயனுள்ளது.

## I. வரையறுக்கப்பட்ட பிழைகள் (Determinate errors )

இவ்வகைப் பிழைகள் குறிப்பிட்ட மதிப்புப் பெற்றிருக்கும். இவற்றிக்குக் காரணம் காட்டிட இயலும். சோதனையாளர் இப்பிழைகளை அளந்தறிந்து அவை எவ்வாறு நிகழ்ந்தன எனக் கூறிடக்கூடும். இவற்றைத் தவிர்க்க இயலும். இவை ஒற்றைத் திசைப்பட்டவை. அதாவது, இத்தகைய பிழை துல்லியமான மதிப்பை விடக் கூடுதலாகவோ அல்லது குறைவாகவோ இருக்கும். இப்பண்பிலிருந்து இவற்றை இனம் காணலாம்.

பிழைக்கான மூலங்கள் :

i. குறைபாடுகள் உள்ள கருவிகள்
ii. அசட்டையான செயல்முறை
iii. செயற்படு முறைசார் குறைபாடுகள்

*வகைப்பாடு :*

i. கருவிசார் பிழைகள்
ii. செயல்முறைசார் பிழைகள்
iii. சோதனையாளர் புகுத்தும் பிழைகள்

### i. கருவிசார் பிழைகள் (Instrument errors) :

தாரசுகள், எடைகள், பிப்பெட்டுகள், பியூரெட்டுகள் ஆகியவற்றை நாம் பயன்படுத்தும் போது அவை குறைபாடுகள் இல்லாதவைதானா என்பதை நாம் உறுதிப்படுத்திக் கொள்ள வேண்டும். எடுத்துக்காட்டாக 10 கி. எனக் குறிக்கப்பட்டுள்ள எடை 10 கி. ஆக இல்லாமல் இருக்கலாம். இவ்வாறாக இத்தகைய பிழைகளைத் தவிர்க்க மிகச்சிறந்த கருவிகளையே ஒருவர் பயன்படுத்த வேண்டும். உபகரணங்களையும் எடைகளையும் அவ்வப்போது அளவு திருத்தம் செய்ய வேண்டியது மிகவும் முக்கியமாகும். இவற்றை இனம்காண உபகரணத்தை மாற்றி, சோதனையை நிகழ்த்த வேண்டும். அவ்வாறு செய்யும் போது பிழையும் மாறுபடும்.

### ii. செயல்முறை சார் பிழைகள் (Methods errors) :

குறைபாடுகளுள்ள சோதனைச் செய்முறைகளினால் இவை புகுத்தப்படுகின்றன. எ.கா.

i. எடையளிபகுப்பில் இணை வீழ்படிதல் அல்லது தமாத வீழ்படிதல்
ii. பருமனறிபகுப்பில் தவறான நிலைக்காட்டிகளைப் பயன்படுத்துதல்.

இவற்றை இனம் காண்பது கடினம் எனவே, வரையறுக்கப்பட்ட மூவகைப் பிழைகளில் இதுவே உச்சபட்ச கவலை தரும் பிழையாகும். எனவே, இதைத் தவிர்க்க, சோதனைக்கான பாடப்பகுதியை ஒருவர் நன்கு கற்றிருக்க வேண்டும்.

## சோதனையாளர் புகுத்தும் பிழைகள் (நடைமுறைப் பிழைகள்) (Operative errors)

சோதனையாளரின் குறைபாடுகளாலும் அசட்டையான தன்மையினாலும் இவை புகுத்தப்படுகின்றன. சோதனையாளரின் கண், மனம் போன்றவற்றில் உள்ள குறைபாடுகள் இத்தகைய பிழைக்கான மூலமாகும். நிறமறி சோதனைகளின் போது நிறக் குருட்டுத் தன்மை கொண்ட ஒருவரால் பிழை புகுத்தப்படும். குறைபாடுகளுடைய கண்களையுடைய ஒருவர் அளவீடுகளைத் தவறாகத் தான் குறித்துக் கொள்வார். அசட்டைத்தன்மை, சோர்வு, ஆசிரியரின் தவறான போதனைகள் ஆகியவையும் இத்தகைய பிழைகளைப் புகுத்துகின்றன. பற்பல தவறுகள் ஏற்படலாம்.

எ.கா. தவறான கணக்கீடுகள், தசமப்புள்ளிகளைத் தவறான இடத்தில் வைத்தல், குறிகளை தவறாகக் குறித்துக் கொள்ளுதல், விடைகளைப் புனைந்து வருவித்தல் போன்றவை. சோதனைச் சாலையில் விழிப்போடு வேலை செய்தால் இவற்றை தவிர்க்கலாம். அளவீடுகளை மறுபடியும் நிகழ்த்தினால் பிழைகளும் மாறும் என்னும் உண்மையிலிருந்து இவற்றை இனம் காணலாம்.

வரையறுக்கப்பட்ட பிழைகளை மாறாமதிப்புடைய மற்றும் நேர்விகிதப் பிழைகளெனவும் வகைப்படுத்தலாம்.

## மாறா மதிப்புடைய பிழைகள் (Constant errors) :

இப்பிழைகள் எண்ணளவு, ஆய்வுக்கு எடுத்துக் கொள்ளப்படும் மாதிரியின் உருவளவினைப் பொருத்திராது. எ.கா. 200 மி.லி. கழுவு நீர்மம் கொண்டு ஒரு வீழ்படிவினைக் கழுவும் போது 0.5 கி வீழ்படிவு இழக்கப்படுகிறது என்போம். இப்போது 500 மி.கி. வீழ்படிவினை 200 மி.லி. கழுவு நீர்மம் கொண்டு நாம் கழுவுவதாகக் கொண்டால் 0.5 மி.கி. வீழ்படிவு இழக்கப்படும். எனவே இழப்பு $(0.5 \times 100) \div 500 = 0.1\%$ இப்போது 50 மி.கி. வீழ்படிவினை 200 மி.லி. கழுவு நீர்மம் கொண்டு கழுவுவதாகக் கொண்டால் இப்போதும் 0.5 மி.கி. வீழ்படிவு

இழக்கப்படும். எனவே, இழப்பு $(0.5 \times 100) \div 50 = 1\%$.

இவ்வாறாக, மாறாப்பிழை என்பது அளவிடப்படும் பொருளின் அளவு குறையுமேயாயின் மிகவும் கவலைக்குரியதாகிவிடும். எனவே, மாறா மதிப்புடைய பிழையின் விளைவினைக் குறைந்த பட்சமானதாக ஆக்கிட அதிக அளவு மாதிரியை நாம் பயன்படுத்திட வேண்டும். (நினைவில் கொள்க : எடையறி பகுப்பாய்வுச் சோதனையில் நிர்ணயிக்கப்பட வேண்டிய கரைசல், வீழ்படிவின் எடை 0.2 கி. இருக்கும் வகையில் தயாரிக்கப்படுகிறது).

### விகிதப்பிழைகள் (Proportional errors) :

இவ்வகைப்பிழைகளின் அளவு ஆய்வுக்கு எடுத்துக் கொள்ளப்படும் மாதிரியின் அளவு அதிகரிக்கும் போது அதிகரிக்கும், குறையும் போது குறையும். பொதுவாக, மாதிரியில் உள்ள மாசுகள் நீக்கப்படாவிடின் அவை விகிதப் பிழையினை ஏற்படுத்தும்.

### வரையறுக்கப்பட்ட பிழைகளைத் திருத்துதல் (Correction of determinate errors) :

தொடர்புடைய கருவிகளை அளவு திருத்தம் செய்து வரையறுக்கப்பட்ட கருவிசார் பிழைகள் திருத்தப்படுகின்றன. குறிப்பிட்ட கால இடைவெளிகளில் கருவிகள் அளவுதிருத்தம் செய்யப்பட வேண்டும். இது ஏனெனில், தொடர்ந்து பயன்படுத்தப்படுவதால் தேய்மானத்தினாலும், அரிமானத்தினாலும் தவறான கையாளுகையினாலும் கருவிசார் பிழைகள் ஏற்படுகின்றன.

கவனம் மற்றும் சுய ஒழுங்கு முறைக் கட்டுப்பாடு மூலம் சோதனையாளர், புகுத்தும் வரையறுக்கப்பட்ட பிழைகளை குறைந்த பட்சமாக ஆக்கிடலாம். கண்டுபிடிப்பது என்பது கருவி அளவீடுகள் ஏட்டுக் குறிப்புகள் மற்றும் கணக்கீடுகள் ஆகியவற்றை முறைமையாகச் சரிபார்க்க வேண்டும்.

செய்முறை சார் வரையறுக்கப்பட்ட பிழைகளை கண்டுபிடிப்பது என்பது குறிப்பாகக் கடினமானது. அவற்றைப் பின்வரும் செய்முறைகளில் ஏதேனும் ஒன்றை அல்லது அதற்கு மேற்பட்டவற்றைப் பயன்படுத்தித் திருத்தலாம்.

### *1. திட்ட மாதிரிகளைப் பகுத்தாய்ந்து :*

ஒரு செய்முறை வரையறக்கப்பட்ட பிழையற்றது தானா என்பதைச் சோதிக்க, அந்த குறிப்பிட்ட செய்முறையைப் பயன்படுத்திச் சோதிக்கப்படவுள்ள பொருளின் ஒட்டுமொத்த இயைவினைப் பெரிதும் ஒத்துள்ள பிரிதொரு தொகுப்பு மாதிரி ஒன்றினை அச்செய்முறையினைப் பயன்படுத்தி ஆய்ந்து தீர்மானிக்கலாம்.

**2. *தன்னியலான ஆய்வு (Independent analysis) :***

சோதனைக்குரிய மாதிரிகள் தூயனவையாகக் கிடைக்காத போது இச்செயல்முறைப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. மாதிரி குறிப்பிட்டதொரு செய்முறை மூலம் ஆய்ந்தறியப்படுகிறது. பின்னர் அது முற்றிலும் வேறான நம்பகத்தன்மை நிறுவப்பட்ட பிரிதொரு செய்முறை மூலம் ஆய்ந்தறியப்படுகிறது.

**3. *வெற்று நிர்ணயங்கள் (Blank determinations) :***

அளந்தறிந்த தரவுகளைப் பாதிக்கவல்ல மாறாப் பிழைகளை வெற்று நிர்யணங்கள் செய்வதன் மூலம் கணக்கிடலாம். இச்செயல்முறையில் ஆய்வின் அனைத்துப்படிகளும், அளவிடப்படவேண்டிய மாதிரி மட்டும் இல்லாமல் நிகழ்த்தப்படுகின்றன. இதில் பெறப்படும் முடிவு உண்மையாக அளந்தறியப்பட்ட தரவில் திருத்தமாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஆய்வில் பயன்படுத்தப்படும் கலன்கள், கரணிகள் ஆகியவற்றிலுள்ள மாசுக்கள் இடையிடுவதால் புகுத்தப்படும் பிழைகளைத் திருத்த இந்த முறை பயனுடையதாக இருக்கிறது. பருமனறி பகுப்பாய்வில் கிடைக்கப்பெறும் தரம்பார் தரவுகளைத் திருத்திட இம்முறை பயனுடையதாக உள்ளது.

**4. *மாதிரியின் உருவளவினை அதிகமாக எடுத்துக்கொள்ளுதல் (By taking large sample size) :***

மாதிரியின் உருவளவு அதிகமாயின் அதன் அளவீடுகளில் ஏற்படும் மாறாப்பிழை குறையும் என்பதை நாமறிவோம். எனவே, இத்தகைய பிழைகளைச் சரி செய்ய பகுப்பாய்வில் அதிக அளவு மாதிரி பயன்படுத்தப்படுகிறது.

**II. வரையறுக்கப்படாத பிழைகள்** அல்லது அங்கொன்றும் இங்கொன்றுமான, தற்செயலான **(indeterminate errors) :**

ஒரு அளவீட்டிலுள்ள நமக்கே தெரியாத திண்ணமிலா நிலையினால் ஏற்படும் பிழைகளாகும். இவை சோதனையாளரின் கட்டுப்பாட்டிற்கு அப்பாற்பட்டவை.

***மூலங்கள் :***

i. கருவிகளின் திண்ணமில்லா நிலைகள்

ii. செய்முறையிலுள்ள திண்ணமில்லா நிலைகள் மற்றும்

iii. சோதனையாளரின் திண்ணமில்லா நிலைகள்

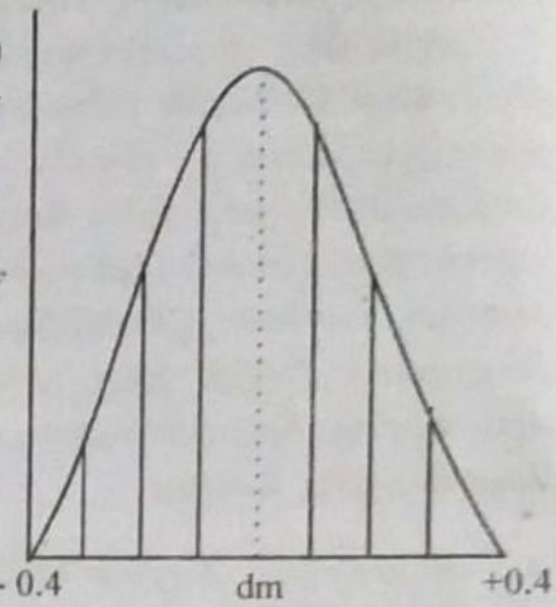
**இனம் காணல் *(Identification) :***

வரையறுக்கப்படாத பிழைகளை இனம் காணுதல் கடினம். வரையறுக்கப்படாத பிழைகளின் விளைவு சராசரி மதிப்பினுக்கு அருகாமையில் இரு மருங்கிலும் தரவுகள் சிதறிக் காணப்படுவதாகும்.

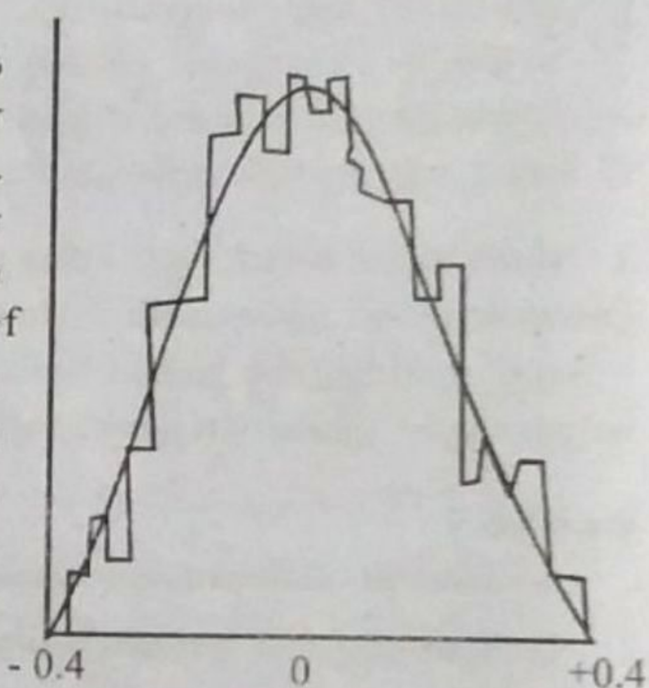
பிழை ஆய்வு **(Error Analysis) :**

வரையறுக்கப்பட்ட பிழை அல்லது சராசரியிலிருந்தான விலக்கம் (dm) அதன் நிகழ்வெண்ணிற்கு (f) எதிராக வரைபடம் போடப்பட்டால் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது போன்ற படம் நமக்குக் கிடைக்கிறது. மணி வடிவிலுள்ள இந்த வரைபடம் காஸியன் அல்லது பொதுவான பிழை வரைகோடு எனப்படுகிறது. அந்தப் பொது வளைகோடுகளின் பண்புகளாவன :

i. எங்கு வரையறுக்கப்படாத பிழை பூஜ்யமாக உள்ளதோ அங்கு நிகழ்வெண் எச்சமதிப்பைப் பெற்றுள்ளது.
ii. நேர் மற்றும் எதிர்குறி கொண்ட பிழைகள் சமநிகழ்வெண்கள் பெற்றிருக்கும் என்பதைச் சுட்டும் வகையில் உச்சபட்ச மதிப்பினை ஒட்டி இருபுறங்களிலும் சீர்மை உள்ளது.
iii. பிழையின் எண் மதிப்பு அதிகரிக்க அதிகரிக்க நிகழ்வெண் அடுக்குக் குறி அலகில் குறைகிறது.




வேதி ஆய்வுகளில், வரையறுக் கப்படாத பிழைகள் காஸியன் கைப்பங்கீட்டினைப் பின்பற்றுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாக பொருள் ஒன்றினை நூற்றுக்கணக்கான முறைகள் மீண்டும் மீண்டும் எடை எடுத்து அவ்வெடைகள் அவற்றின் சராசரியிலிருந்து அடைந்துள்ள விலக்கங்களை (dm) அவ்விலக்கங்கள் ஒவ்வொன்றினுடைய நிகழ்வெண்ணிற்கும் (f) எதிராக வரைபடம் போட்டால் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது போன்ற வரைபடம் கிடைக்கிறது.




நமது பொதுவான அளவீடுகளில் பல சிறிய தன்னிச்சையான, கட்டுப்படுத்த இயலாத திண்ணமில்லா நிலைகள் உள்ளன என்னும் உண்மையை நமக்கு இவ்வரைபடம் உணர்த்துகிறது. இத்திண்ணமிலா நிலைகளே நமது விடையில் (பிழைகளாக) வெளிப்படுகின்றன.

பெரும்பாலன ஆய்வுத்தரவுகள் இந்த காஸியன் பங்கீட்டினைப் பின்பற்றுவதால் வரையறுக்கப்படாத பிழைகளின் அளவினை நிர்ணயிக்க நாம் புள்ளியியல் உத்திகளைக் கையாளலாம். இவ்வாறாக, நாம் நமது சோதனை முடிவுகளை ஆராயும் போது சராசரி, மையக் கோட்டளவு, சராசரி விலக்கம், திட்ட விலக்கம் போன்ற பல புள்ளியியல் உத்திகளைக் கையாள்கிறோம்.

**பிழைகளைக் குறைந்தபட்சமாகக் குறைத்தல் :**

மேலே தரப்பட்ட விவாதங்களிலிருந்து பிழைகளைக் குறைந்த பட்சமாகக் குறைக்க வேண்டுமாயின் நாம் வரையறுக்கப்பட்ட மற்றும் வரையறுக்கப்படாத பிழைகளைக் குறைந்த பட்சமாகக் குறைக்க வேண்டுமென்பது தெளிவாகிறது.

வரையறுக்கப்பட்ட பிழைகளைக் குறைந்த பட்சமாகக் குறைக்க நாம் தரமிக்க உலகளவில் ஏற்றுக் கொள்ளப்பட்டுள்ள கருவிகளையே பயன்படுத்திட வேண்டும். அளவிடுவதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் ஆய்வுகருவிகளை அவ்வப்போது அளவுதிருத்தம் செய்து அவை உலகத்தரத்திற்கு ஒத்தவைதான் என்பதற்கான சான்றுகளைப் பெற்றுக் கொள்ள வேண்டும். கரணிகள் அனைத்தையும் தக்கவாறு பேணவேண்டும். செய்முறை சார் பிழைகளைத் தவிர்க்க நம்பகரமான செய்முறைப் பின்பற்ற வேண்டும். சோதனையாளர் புகுத்தும் பிழையினைத் தவிர்க்க தரவுகளைப் பதிவு செய்யும் போது ஒருவர் கவனமாகவும் நாணயமாகவும் இருக்க வேண்டும். உயர்திட்பம் பெற விடைகளைச் சூழ்ச்சித்திறத்துடன் கையாளுவது என்பது மனிதனின் இயல்பான போக்கு ஆகும். இப்போக்கினைத் தவிர்க்க வேண்டும்.

வரையறுக்கப்படாத பிழைகள் கட்டுப்படுத்த இயலாதவை என்பது நமக்குத் தெரியும். எனவே, இப்பிளைகளைக் குறைந்த பட்சமானதாக ஆக்கிட நாம் சோதனைகளைப் பல முறை நிகழ்த்தி உச்சபட்ச திட்பத்தைப் பெற புள்ளியியல் உத்திகளைக் கடைப்பிடிக்கிறோம்.

பிழைகளைக் குறைந்தபட்சமாகக் குறைப்பதற்கான ஏனைய குறிப்பான சிலயோசனைகள் வருமாறு

1. சோதனை ஒன்றினை நிகழ்த்தும் போது அதனுடன் வெற்றுச் சோதனைகளையும் நிகழ்த்த வேண்டும்.
2. தனிமனிதப் பிழைகளைத் தவிர்த்திட உச்சபட்ச கவனம் செலுத்த வேண்டும். கூட்டல் கழித்தல்களில் தவறு செய்தல் போன்றவற்றை செய்யக்கூடாது.
3. அளவுகள் குறிக்கும் போது சரியான அளவுகளைக் குறிக்க வேண்டும்.
4. தக்க, முழுமையான செயல்முறைப் போதனைகளைப் பெறாமல் சோதனைகள் நிகழ்த்தக்கூடாது.

5. சோதனையாளர் சோர்வடைந்தால் சோதனையை ஒரு வசதியான இடத்தில் நிறுத்திவிட்டு, போதுமான அளவு ஓய்வு எடுத்துக் கொண்டபின் சோதனையைத் தொடர வேண்டும்.

## திட்பம் (Precision)

***வரையறை :***

ஒரு மதிப்பின் திட்பம் என்பது அம்மதிப்பிற்கும் அதே நிபந்தனைகளில் நிகழ்த்தப்பட்டுப் பெறப்பட்ட பிற மதிப்புகளுக்கும் இடையேயான ஒப்புமை வீதம் ஆகும்.

***எடுத்துக்காட்டுடன் விளக்கம் :***

ஒரு குறிப்பிட்ட தொகுதி நிபந்தனைகளில் எடை எடுக்கப்படும் போது ஒரு முகவையின் எடை 20.0326கி. என்போம். இதே நிபந்தனைகளில் அதே முகவை மீண்டும் எடை எடுக்கப்படும்போது அதன் எடை அதே 20.0326கி. என்று வந்தால் எடை எடுத்தல் திட்பம் வாய்ந்தது எனக் கூறிகிறோம். ஒரு மதிப்பு மறுபடியும் பெறப்பட்டால் அது திட்பமான மதிப்பு எனப்படும்.

***ஒரு தொகுதி மதிப்புகளின் திட்பம் மற்றும் வீச்செல்லை (Precision and range of a set of value) :***

ஒரு தொகுதி மதிப்புகளில் உள்ள உச்சபட்ச மற்றும் குறைந்தபட்ச மதிப்புகளுடையேயுள்ள வேறுபாடு அம்மதிப்புகளின் வீச்செல்லை (w)எனப்படும். இவ்வீச்செல்லை என்பது திட்பத்தின் ஒரு அளவீடு ஆகும். வீச்செல்லை விசாலமாக இருப்பின் அவ்வளவீடு குறைவான திட்பமுடையது எனப்பொருள்படும்.

## துல்லியம் (Accuracy) :

***வரையறை :***

துல்லியம் என்பது அளக்கப்பட்ட மதிப்பிற்கும் எதிர்பார்க்கப்படும் அல்லது கிட்டத்தட்ட உண்மையாய் இருக்கக்கூடிய மதிப்பிற்கும் இடையேயான ஒப்புமை வீதம் ஆகும்.

***எடுத்துக்காட்டுடன் விளக்கம் :***

நம் கைவசம் உள்ள பகுப்பாய்வுத் தரவுகளின் படி AgCl -ன் கரைதிறன் பெருக்கம் $1.8 \times 10^{-10}$ ஒரு ஆய்வாளர் இதை ஒரு சோதனையில் நிர்ணயிக்கும் போது இதே மதிப்பைப் பெறுவாராயின் துல்லியம் முதல்தரமானது எனப்படும். அம்மதிப்பு வேறுபடுமாயின் நாம் அதற்கான விலக்கத்தைக் கணக்கிடுகிறோம். இவ்விலக்கம் இச்சோதனையின் துல்லியத்தின் ஒரு அளவீடு ஆகும்.

**துல்லியத்தைக் குறிப்பிடும் முறைகள் (Methods of expressing accuracy):**

தனிப்பிழை அல்லது ஒப்பிழையின் வாயிலாக துல்லியம் குறிப்பிடப்படுகிறது. இப்பிழைகளின் மதிப்பு எவ்வளவுக்கெவ்வளவு குறைவாக உள்ளதோ அந்த அளவுக்குத் துல்லியம் அதிகம் ஆகும்.

**தனிப்பிழை (Absolute error (E)) :**

***வரையறை :***

ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்ட மதிப்பிற்கும் ($X_t$) சோதனை மதிப்பிற்கும் ($X_i$) இடையேயுள்ள வேறுபாடு தனிப்பிழை எனப்படும். இதன் கணித வடிவம் $E = X_i - X_t$.

**ஒப்புப்பிழை (Relative error (RE)) :**

***வரையறை :***

ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்ட மதிப்பின் பிழையின் சதவீதம் ஒப்புப் பிழையாகும்.

***கணித வடிவம் :***

$$RE = \frac{E}{X_t} \times 100 = \frac{X_i - X_t}{X_t} = 100$$

**தனிப்பிழை பெற்றிராத ஆனால் ஒப்புப்பிழை பெற்றுள்ள மேன்மை :**

ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்ட மதிப்பு எந்த அளவிற்கு ஏற்புடையது என்பதைப் பொருத்தது தனிப்பிழை. ஏனெனில் ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்ட மதிப்பே ஏராளமான திண்ணமில்லா நிலைகளை உடையதாகும். எனவே, துல்லியத்தைக் குறிப்பிட பல நேரங்களில் ஒப்புப்பிழையே பயன்படுத்தப்படுகிறது.

***தனிப்பிழைக்கும் (E) ஒப்புப்பிழைக்கும் (RE) இடையே உள்ள வேறுபாடுகள்:***

| | E | RE |
|---|---|---|
| 1. வரையறை | $E = X_i - X_t$ | $RE = (E/X_i) \times 100$<br>$= (X_i - X_t/X_i) \times 100$ |
| 2. பயன் | அதிகப்பயன் கிடையாது. ஏனெனில் திண்ணமில்லாத $X_i$ ஐப் பொருத்தது. | கூடுதலா பயனுடையது. |

## திட்பத்திற்கும் துல்லியத்திற்குமிடையேயுள்ள வேறுபாடுகள்

| திட்பம் | துல்லியம் |
|---|---|
| 1. ஒரு மதிப்பின் திட்பம், என்பது அம்மதிப்பிற்கும் அதே நிபந்தனைகளில் நிகழ்த்தப்பட்டுப் பெறப்பட்ட பிற மதிப்புகட்கும் இடையேயான ஒப்புமை வீதம் ஆகும். | துல்லியம் என்பது அளக்கப்பட்ட மதிப்பிற்கும் எதிர் பார்க்கப்படும் அல்லது கிட்டத்தட்ட உண்மையா -யிருக்கக் கூடிய மதிப்புற்கும் இடையேயான ஒப்புமை வீதம் ஆகும். |
| 2. திட்பம் அடையக்கூடியது. | துல்லியம் அறியப்பட்டதேயில்லை. ஒரு குறிப்பிட்ட எல்லைகளுக்கிடையே மட்டுமே அது அறியப்படும் துல்லியத்தை நெருங்கலாமேயன்று அடைய முடியாது. |
| 3. அது மீண்டும் மீண்டும் ஒரே மாதிரியான முடிவுகளைப் பெறும் தன்மையைக் குறிக்கும். | ஒரு அளவீடு எந்த அளவிற்குச் சரியானது என்பதைக் குறிக்கும். |

திட்பம் மற்றும் துல்லியம் ஆகிய சொற்களின் உட்பொருளைத் தெளிவாகப் புரிந்து கொள்ள வேண்டும். இவ்விரு சொற்களையும் நன்கு புரிந்து கொள்வோமாயின் உயர் திட்பமுடையது துல்லியத்தைக் குறிப்பிடாது என்பது தெளிவாகும். இதை ஒரு எடுத்துக்காட்டால் நிறுவலாம். பருமனறி பகுப்பில் ஒருவர் அடுத்தடுத்த தரம் பார்த்தல் மதிப்புகளைச் சமமாகப்பெறலாம். இருப்பினும் விடை தவறானதாகப் போகக்கூடும். இங்கு அடுத்தடுத்த தரம் பார்த்த மதிப்புகள் ஒன்றாகப் பெறப்பட்டுள்ளமையால் முடிய திட்பம் வாய்ந்தது. ஆனால் விடை எதிர் பார்த்த மதிப்புடன் ஒத்து வரவில்லை. எனவே, முடிவு துல்லியமானது அல்ல. இவ்வாறாக திட்பமான மதிப்பொன்று துல்லியமானதாக இராமல் போகலாம். இதற்குக் காரணம் கருவிசார் பிழை அல்லது செயல் முறைப்பிழை அல்லது அசட்டை போன்ற தனி ஒருவரின் பிழை ஆகிய வரையறுக்கப்பட்ட பிழையாகவோ அல்லது சில இனம் தெரியாத வரையறுக்கப்படாத பிழையாகவோ கூட இருக்கலாம்.

## நம்பக எல்லைகள் (Confidence Limits) :

*வரையறை :*

இவை சோதனை மூலம் அளவிடப்பட்ட சராசரியின் ($\overline{X}$), இருமருங்கிலும் அமைக்கப்பட்ட எல்லைகளாகும். இவ்வெல்லைகளுக்கிடையே தரப்பட்ட நிகழ்த்தகவுகளை உடைய உண்மையான சராசரியை ($\mu$) நாம் காண இயலும்.

*விளக்கம் :*

முடிவிலா எண்ணிக்கை அளவீடுகளின் சராசரியே உண்மையான அல்லது துல்லியமான சராசரியாக இருக்க முடியும். உண்மையான சராசரி $\mu$ எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது. முடிவிலா எண்ணிக்கை அளவீடுகள் என்பது நிகழ்த்திட இயலாத ஒன்றாகையால் $\mu$ பெற இயலாது. வழக்கில் நாம் ஒரு குறிப்பிட்ட எண்ணிக்கையில் அளவீடுகள் எடுத்து சோதனைச் சராசரியை $\overline{x}$ கணக்கிடப்படுகிறது. $\mu$ விலிருந்து x என்பது எவ்வளவு அருகில் அல்லது தொலைவிலிருக்கும்? இதற்கான எல்லைகளை வகுத்து நாம் இதை நிர்ணயிக்கிறோம். இவ்வெல்லைகளுக்கிடையே தரப்பட்ட ஒரு நிகழ்தகவு விகிதத்தில் நாம் $\mu$ வைக் காணலாம். இவ்வெல்லைகளுக்கிடையேயான இடைவெளி நம்பக இடைவெளி எனப்படுகிறது. இவ்விடைவெளியின் அளவு நமக்குத் தேவையான நிகழ்தகவு விகிதத்தைப் பொருத்தது. நமக்கு 99% நிகழ்தகவு தேவையெனில் மேற்கூறிய இடைவெளி சிறியதாக இருக்கும். 99% நிகழ்தகவு என்பது 100 தடவைகளில் 99 தடவை உண்மையான சராசரி இவ்விடைவெளிக்குள் இருக்கும் என்பதாகும். இதே போல் நாம் 95% நிகழ்தகவு 90% நிகழ்தகவு என்றெல்லாம் நம் தேவையினைப் பொருத்து தேர்ந்தெடுத்துக் கொள்ளலாம். இந்த நிகழ்தகவுச் சதவிதமே நம்பக அளவு அல்லது நம்பகப் படிநிலை எனப்படுகிறது.

*நம்பக எல்லைகளுக்கான கணித வடிவம் :*

a. திட்டவிலக்கம், குறைந்த எண்ணிக்கையிலுள்ள அளவீடுகளுக்ககானதாக இருந்தால் $s = \sigma$ (அளவீடுகளின் எண்ணிக்கை மிக அதிகமாக இருக்கும் போது மட்டுமே திட்ட விலக்கம் பயன்படுத்தத் தக்கது) அப்போது $\mu$ விற்கான ஒரு அளவீட்டின் நம்பக எல்லை பின்வருமாறு தரப்படுகிறது.

$$\mu = \overline{X} \pm Z\sigma$$

இங்கு, $Z = \dfrac{X - \mu}{\sigma}$

N அளவீடுகளின் μ வுக்கான நம்பிக்கை எல்லை பின்வருமாறு

$$\mu = \overline{X} \pm \frac{Z}{\sqrt{N}}$$

தெரிந்திராத போது : N அளவீடுகளின் μ வுக்கான நம்பிக்கை எல்லை பின்வருமாறு ;

$$\mu = \overline{X} \pm \frac{ts}{\sqrt{N}}$$

இங்கு, $t = \dfrac{\overline{X} - \mu}{s}$

இவ்வாறாக புள்ளியல் முறைகளைப் பயன்படுத்தி நம்பிக்கை எல்லைகளை வகுக்க இயலுமெனக் காண்கிறோம். இவ்வெல்லைகளுக்கிடையில் ஒரு தொகுதி சோதனை முடிவுகளுக்கான பல்வேறு நம்பிக்கை படிநிலை நிகழ்தகவுகளை உடைய உண்மைச் சராசரியைக் காணலாம். இதற்கு நமக்கு z மற்றும் t ஆகியவை தெரிந்திருக்க வேண்டும். இவை புத்தகங்களில் எளிதில் கிடைக்கின்றன.

### முடிவுகளை ஒதுக்குதல் :

ஒரு தொகுதிகத்தரவுகளில் ஓரிரு மதிப்புகள் சந்தேகத்திற்குரியவையாக இருக்கும். அத்தகைய தரவுகளை ஒதுக்குவதா அல்லது கூடாதா என்று தீர்மானிப்பது கடினமாக இருக்கும். அத்தகைய நிகழ்வுகளில் Q - ஆய்வு என்றறொரு ஆய்வினை நாம் பயன்படுத்துகிறோம். இச்சோதனையில் நாம் இரு Q - மதிப்புகளை ஒப்பு நோக்குகிறது.

i. $\mathbf{Q}_{\text{சோதனை}}$ மற்றும் ii. $Q_{\text{ஏற்பு}}$ If $Q_{\text{சோதனை}} > Q_{\text{ஏற்பு}}$ என்றிருக்குமேயானால் அத்தகைய தரவினை நாம் ஒதுக்குகிறோம். அப்படி இல்லை எனில் அத்தரவினை நாம் தக்க வைத்துக் கொள்கிறோம்.

$\mathbf{Q}_{\text{சோதனை}}$ ஐப்பெற சந்தேகத்திற்குரிய மதிப்பிற்கும் அதற்கு மிக அருகாமையிலுள்ள மதிப்பிற்கும் இடையேயுள்ள வேறுபாடு அத்தரவுத் தொகுதியின் முழுவீச்சினால் வகுக்கப்படுகிறது.

$Q_{ஏற்பு}$ ஐப் பெற பல்வேறு $Q_{ஏற்பு}$ மதிப்புகளைக் கொண்ட பின்வரும் அட்டவணை பயன்படுத்தப்படுகிறது.

| காட்சிப் பதிவுகளின் எண்ணிக்கை | $Q_{ஏற்பு}$ | | |
|---|---|---|---|
| | 90% நம்பகம் | 96% நம்பகம் | 99% நம்பகம் |
| 3 | 0.94 | 0.98 | 0.99 |
| 4 | 0.76 | 0.85 | 0.93 |
| 5 | 0.64 | 0.73 | 0.82 |
| 6 | 0.56 | 0.64 | 0.74 |
| 7 | 0.51 | 0.59 | 0.68 |
| 8 | 0.47 | 0.54 | 0.63 |
| 9 | 0.44 | 0.51 | 0.60 |
| 10 | 0.41 | 0.48 | 0.57 |

தரவு ஒன்றினை ஒதுக்குவதா அல்லது தக்க வைத்துக் கொள்வதா என்பதை எவ்விதம் முடிவு செய்வது என்பதை விளக்குவோம்.

கால்சைட் மாதிரி ஒன்றில் உள்ள CaO வின் விழுக்காடுகள் சோதனை மூலம் நிர்ணயிக்கப்பட்டவை. பின்வருமாறு 55.95, 56.00, 56.04, 56.08 மற்றும் 56.23 கடைசி மதிப்பு சரியானது தானா என்று நாம் ஐயுறுகிறோம். அதை ஒதுக்குவதா அல்லது தக்க வைத்துக் கொள்வதா என்பதை நாம் தீர்மானிக்க வேண்டும்.

இத்தரவு தொகுதிக்கு $Q_{சோதனை}$ = (ஐயத்திற்குரிய மதிப்பு – அதற்கு மிக அருகாமையில் உள்ள மதிப்பு) ÷ தரவுத் தொகுதியின் முழுவீச்சு

$$=(56.23-56.08)\div(56.23-55.95)$$

$$=0.15\div 0.28=0.54$$

இப்போது நமக்கு நமது விடையின் நம்பக அளவு 90% அதாவது நமது விடை சரியான விடைக்கு 90% அருகாமையில் இருக்க வேண்டுமென நாம் விரும்புவதாகக் கொள்வோம். இப்போது நாம் அட்டவணையில் 90% நம்பகம் என்ற தொகுதியில் பார்க்க வேண்டும். நம்மிடம் 5 காட்சிப் பதிவுகள் உள்ளமையால் நாம் காட்சிப் பதிவுகளின் எண்ணிக்கை 5 என்று உள்ள வரிசையில்

90% நம்பகம் என்ற தொகுதியில் $Q_{ஏற்பு}$ மதிப்பு எவ்வளவு என்பதைப் பார்க்க வேண்டும். அந்த மதிப்பு 0.64.

இப்போது $Q_{சோதனை} < Q_{ஏற்பு}$ என்ற உள்ளதால் அந்த (ஐயத்திற்குரிய) மதிப்பினை நாம் தக்கவைத்துக் கொள்ள வேண்டும். ஏனைய முறைகளை விட $Q_{ஆய்வு}$ உயர்ந்தது என்றாலும் கூட குறிப்பிட்ட தரவு ஒன்றினை இச்சோதனையைப் பயன்படுத்தி ஒதுக்குவதோ அல்லது தக்க வைத்துக்கொள்வதா என்ற முடிவு செய்வதில் ஆய்வாளர் எச்சரிக்கையாக இருக்க வேண்டும். முடிவெடுப்பதில் ஆய்வாளர் அவருடைய சிறந்த சீர் தூக்கிப் பார்க்கும் திறனைப் பயன்படுத்திட வேண்டும். காட்சிப்பதிவுகளின் எண்ணிக்கை குறைவாக இருக்கும். போது Q ஆய்வின் நம்பகத்தன்மை குறைகிறது. எனவே, சிறிய தொகுதி ஒன்றிலுள்ள ஒரு மதிப்பை ஒதுக்க, எச்சரிக்கையான அணுகு முறை விரும்பத்தக்கதாகும்.

## பொருளுடை இலக்கங்கள் (Significant figures) :

2M

உறுதியாக மதிப்புத் தெரிந்த இலக்கங்களுடன் உறுதியாக மதிப்புத் தெரியாத இலக்கம் ஒன்றே ஒன்றினை மட்டும் கூடுதலாகக் கொண்டுள்ள ஒரு எண்ணிலுள்ள இலக்கங்களின் எண்ணிக்கை அவ்வெண்ணின் பொருளுடை இலக்கங்கள் எனப்படுகின்றன.

***விளக்கம் :***

அளவிடப்பட்ட மதிப்பு ஒன்றில் ஓரளவு திண்ணமில்லா நிலை இருக்கும். அளவிடப்பட்ட மதிப்பினை, ஒரேயொரு இலக்கத்தில் மட்டும் திண்ணமில்லா நிலை இருக்கும் வண்ணம் உள்ள ஒரு எண்ணாகக் குறிப்பிடும் மரபு ஒன்று உள்ளது. இந்தப் பழக்கமே பொருளுடைய இலக்க மரபு எனப்படுகிறது.

***எடுத்துக்காட்டு :***

எடை எடுக்கும் சோதனையில் மூன்று தசம இடங்கள் வரையில் மட்டுமே எடை திண்ணமாகத் தெரியுமாயின், அம்மதிப்பு நான்கு தசம இடங்கள் கொண்டதாக மட்டுமே தரப்பட வேண்டும்.

பொருளுடை இலக்கங்கள் எனும் கருத்தினைப் பயன்படுத்துகையில் மனதில் இருத்திக் கொள்ள வேண்டிய கருத்துக்கள் :

தரப்பட்டுள்ள ஒரு எண்ணின் இடது புறம் உள்ள பூஜ்யமல்லாத இலக்கத்தில் துவங்கி வலது புறம் எந்த இலக்கத்தில் திண்ணமின்மை உள்ளதோ அது வரை இலக்கங்களை எண்ணி அந்த எண்ணிலுள்ள பொருளுடை இலக்கங்களின் எண்ணிக்கை கண்டுபிடிக்கப்படுகிறது.

*எடுத்துக்காட்டுகள் :*

1. பின்வருவன ஒவ்வொன்றும் மூன்று பொருளுடைய இலக்கங்களைக் கொண்டுள்ளன. 583. 0.234, 1.67, 0.00987 மற்றும் 65.4.

2. பூஜ்யம் ஒரு எண்ணாகப் பயன்படுத்தப்படும் போது அது ஒரு பொருளுடைய இலக்கமாகும். மிகச்சிறிய மற்றும் மிகப்பெரிய எண்களிலுள்ள தசமப்புள்ளியைக் குறிக்கும் வகையில் அது பயன்படுத்தப்பட்டிருமாயின் அப்போது அது பொருளுடை இலக்கம் அல்ல எ.கா. 0.02670 -ல் நான்கு பொருளுடை இலக்கங்கள் உள்ளன. 2-க்கு முன்னாலுள்ள இரு பூஜ்யங்கள் இவ்வெண்ணின் பரிமாணத்தைக் குறிக்க மட்டுமே பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளன. எனவே, அவை பொருளுடையவை அல்ல. 7-ஐத் தொடர்ந்து வரும் பூஜ்யம் பொருளுடையதாகும்.

3. $6.030 \times 10^{-4}$ -ல் நான்கு பொருளுடை இலக்கங்கள் உள்ளன. $1.54 \times 10^{5}$ -ல் மூன்று பொருளுடை இலக்கங்கள் உள்ளன.

மேற்கூறியவற்றைப் பயன்படுத்தி தரப்பட்ட ஒரு எண்ணிலுள்ள பொருளுடை இலக்கங்கள் எவ்வளவு என்பதை நிர்ணயிக்கலாம்.

**அதன் முக்கியத்துவம் அல்லது பயன்கள் :**

அறிவியல் அளவீடு ஒன்றை நிகழ்த்தும் போது ஒருவருக்கு பல மதிப்புகள் கிடைக்கின்றன. இத்தகைய மதிப்புகளின் தொகுதி ஒன்றிற்கு ஒருவர் அவற்றின் சராசரியை உச்சபட்சமான சரியான மதிப்பாகத் தருவது வழக்கு. இத்தரவினைத்தரும் போது இந்த உச்சபட்சமாக சரியான மதிப்பிலுள்ள திண்ணமில்லா நிலையினையும் குறிப்பிடவேண்டும். இதைச் செய்ய பொருளுடை இலக்கங்களைப் பயன்படுத்துவது என்பது மிகவும் உதவியாக உள்ளது. பல சமயங்களில் பொருளுள்ள முடிவுகளைத் தர எண்களைத் திருத்த வேண்டிவரும். இதற்கு, திண்ணமில்லா நிலையை உடைய ஒரேயொரு இலக்கத்தை மட்டும் கொண்டுள்ள ஒரு எண்ணாகத் திருத்தும் பழக்கம் கடைபிடிக்கப்பட்டு வருகிறது. இவ்வாறாக, பொருளுடை இலக்கங்கள் முக்கியத்துவம் பெறுகிறது.

**திட்பத்தைத் தெரிவிக்கும் முறைகள்:**
**(Methods of expressing precision)**

திட்பம் இரு முறைகளில் தெரிவிக்கப்படுகிறது.

i. தனிமுறை (absolute method)
ii. ஒப்பீட்டு முறை (relative method).

***i. தனிமுறை :***

இம்முறையில் திட்பம் சராசரி விலக்கத்தின் சராசரியாக குறிப்பிடப்படுகிறது. இந்தச் சராசரி விலக்கத்தின் சராசரியின் மதிப்பு எவ்வளவு குறைவாக உள்ளதோ அந்த அளவிற்கு திட்பம் அதிகமாக இருக்கும்.

*ii. ஒப்பீட்டு முறை :*

இந்த முறையில் ஒரு தொகுதி மதிப்புகளின் சராசரியினின்றும் உள்ள விலக்கத்தின் சதவீதமதிப்பாக திட்டம் குறிப்பிடப்படுகிறது. அதாவது,

$$\left.\begin{array}{l}\text{சராசரியின்றும் உள்ள} \\ \text{விலக்கத்தின் சதவீத} \\ \text{மதிப்பு}\end{array}\right\} = \frac{\text{(ஒரு தொகுதியின் மதிப்புகளின் சராசரி - ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பு)}}{\text{சராசரி}} \times 100$$

$$= \frac{\overline{X} - x_i}{\overline{x}} \times 100$$

மேலே குறிப்பிடப்பட்ட இரண்டு முறைகளையும் புரிந்து கொள்ள, புள்ளியியலில் பயன்படுத்தப்படும் சில சொற்றொடர்களைப் பற்றிக் கற்போம்.

2m

**சராசரி அல்லது கூட்டுச் சராசரி (Mean / Artithemetic mean / Average):**

ஒரு தொகுதி அளவீடுகளின் மதிப்புகளைக் கூட்டி வந்த தொகையை அத்தொகுதியிலுள்ள அளவீடுகளின் எண்ணிக்கையால் வகுக்கக் கிடைக்கும் ஈவு, சராசரி அல்லது கூட்டுச்சராசரி தீர்வு செய்யப்பட்ட பின்வரும் பல்கலைக்கழகக் கணக்கு சராசரியை விளக்கும்.

v.v.s

***கணக்கு :***

20.21, 20.04, 20.13 மற்றும் 20.19 ஆகியவற்றின் சராசரியைக் கணக்கிடலாம்.

***தீர்வு :***

தீர்வு சராசரி $= (20.21 + 20.04 + 20.13 + 20.19) \div 4 = 80.57 \div 4 = 20.14.$

**மையமதிப்பு (Median) :**

2m

எந்த மதிப்பின் இரு பக்கங்களிலும் ஏனைய மதிப்புகள் சமமாகப் பங்கிடப்பட்டுள்ளனவோ அந்த மதிப்பு மையக்கோட்டளவு அல்லது மைய மதிப்பு ஆகும். பிற மதிப்புகளில் சரிபாதி மைய மதிப்பினை விடக் கூடுதலாகவும் மறுபாதி அதைவிடக் குறைவாகவுமிருக்கும்.

ஒரு தொகுதி மதிப்புகள் ஏறு வரிசையிலோ, இறங்கு வரிசையிலோ அடுக்கப்பட்டு மைய மதிப்பு பெறப்படுகிறது. மதிப்புகளின் எண்ணிக்கை ஒற்றைப்படையாயின் அவற்றின் மையத்திலுள்ள மதிப்பு மையமதிப்பாகும். மதிப்புகளின் எண்ணிக்கை இரட்டைப்படையாயின் அப்போது மைய மதிப்பு என்பது மையத்திலுள்ள ஒரு ஜோடி மதிப்புகளின் சராசரி ஆகும். தீர்வு செய்யப்பட்ட பின்வரும் பல்கலைக்கழகக் கணக்குகள் மையமதிப்பு என்பதை விளக்கும்.

***கணக்கு:***

20.20, 20.08 மற்றும் 20.02 ஆகியவற்றின் மையக்கோட்டளவைக் கணக்கிடவும்.

***தீர்வு :***

இம்மதிப்புகளை ஏறுவரிசையில் எழுதக்கிடைப்பது 20.01, 20.08 மற்றும் 20.20. எனவே, இத்தொகுதியின் மையக்கோட்டளவு என்பது இத்தொகுதியின் மையத்திலுள்ள மதிப்பு ஆகும். அதாவது, 20.08.

***கணக்கு :***

20.21, 20.04, 20.13 மற்றும் 20.19 ஆகியவற்றில் மையக்கோட்டளவைக் கணக்கிடவும்.

***தீர்வு :***

இம்மதிப்புகளை ஏறுவரிசையில் எழுதக்கிடைப்பது 20.04, 20.13, 20.19 மற்றும் 20.21. இத்தொகுதியில் இரட்டைப்படை எண்ணிக்கையில் மதிப்புகள் உள்ளன. எனவே, இத்தொகுதியின் மையக்கோட்டளவு என்பது மையத்தில் உள்ள ஒரு ஜோடி மதிப்புகளின் சராசரி ஆகும். அதாவது, $(20.13 + 20.19) \div 2 = 40.32 \div 2 = 20.16$

Sm

## சராசரிக்கும் மையமதிப்பிற்குமிடையேயான வேறுபாடுகள்

| | | *சராசரி* | *மையமதிப்பு* |
|---|---|---|---|
| 1. | வரையறை | ஒரு தொகுதி அளவீடுகளின் மதிப்புகளைக் கூட்டி வந்த தொகையை அத்தொகுதியிலுள்ள அளவீடுகளின் எண்ணிக்கையால் வகுக்கக் கிடைக்கும் ஈவு. | எந்த மதிப்பின் இரு பக்கங்களிலும் ஏனைய மதிப்புகள் சமமாக உள்ளனவோ அந்த மதிப்பு |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. | எ.கா. தரவுகள்: 20.20 20.08, 20.01 | 20.097 | 20.08 |
| 3. | திட்பம் | மையமதிப்பை விட அதிகம் | சராசரியை விடக் குறைவு |

## கூட்டு சராசரி விலக்கம் (Mean deviation)

***வரைமுறை :***

ஒரு தொகுதி மதிப்புகளில் கூட்டுச் சராசரி விலக்கம் என்பது ஒவ்வொரு அளவீடும் அனைத்து மதிப்புகளின் சராசரியிலிருந்து எவ்வளவு விலக்கம் கொண்டுள்ளதோ அவை அனைத்தினுடைய சராசரியாகும்.

***விளக்கம் :***

கூட்டு சராசரி விலக்கத்தைப் பெற

i. தரப்பட்ட ஒரு தொகுதி அளவீடுகளின் சராசரி கணக்கிடப்பட வேண்டும்.

ii. பின்னர் ஒவ்வொரு அளவீடும் இந்தச் சராசரியிலிருந்து எவ்வளவு விலக்கம் கொண்டுள்ளது என்பதைக் கணக்கிடவேண்டும்.

iii. இவ்விலக்கங்களின் குறிகளைக் கணக்கில் கொள்ளாமல் அவற்றின் எண் மதிப்புகளை மட்டும் கூட்டி வந்த தொகையை மொத்த அளவீடுகளின் எண்ணிக்கையில் வகுக்க வேண்டும்.

பின்வரும் தீர்வு செய்யப்பட்ட பல்கலைக்கழகக் கணக்கு கூட்டு சராசரி விலக்கத்தை விளக்கும்.

***கணக்கு :***

20.21, 20.04, 20.13 மற்றும் 20.19 ஆகியவற்றின் சராசரி விலக்கலைக் கணக்கிடலாம்.

***தீர்வு :*** இத்தொகுதியின் சராசரி = (20.21 + 20.04 + 20.13 + 20.19) ÷ 4 = 80.57 ÷ 4 = 20.14.

| *மதிப்பு* | *சராசரியிலிருந்து விலக்கம்* |
|---|---|
| 20.21 | 20.14 – 20.21 = 0.07 |
| 20.04 | 20.14 – 20.04 = 0.10 |
| 20.13 | 20.14 – 20.13 = 0.01 |
| 20.19 | 20.14 – 20.19 = 0.05 |

சராசரியிலிருந்து விலக்கங்களின் கூட்டுத்தொகை $= 0.07 + 0.10 + 0.01 + 0.05$

$= 0.23$

∴ கூட்டுச்சராசரி விலக்கம் $= 0.23 \div 4 = 0.575$

***அதன் பயன்பாடு :*** ஒரு தொகுதி அளவீடுகளின் கூட்டுச் சராசரி விலக்கம் குறைவானதெனில் அத்தொகுதியின் சராசரி கிட்டத்தட்ட திட்பமானது எனப்பொருள்.

## திட்ட விலக்கம் (Standard Deviation) : 10M V.V-I. X.X.

***வரையறை :*** ஒரு தொகுதி மதிப்புகளின் சராசரியிலிருந்து அத்தொகுதியிலுள்ள ஒவ்வொரு மதிப்பும் கொள்ளும் விலக்கத்தின் வர்க்கத்தின் மதிப்புகளைக் கூட்டி அத்தொகையை எடுக்கப்பட்ட அளவீடுகளின் மொத்த எண்ணிக்கையால் வகுத்துப் பெறப்பட்ட ஈவின் வர்க்கமூலம் திட்ட விலக்கம் எனப்படுகிறது.

$$\text{திட்ட விலக்கம்} = \sqrt{\begin{array}{l}\text{ஒரு தொகுதி மதிப்புகளின் சராசரியிலிருந்து} \\ \text{அத்தொகுதியிலுள்ள ஒவ்வொரு மதிப்பும்} \\ \text{கொள்ளும் விலக்கத்தின் வர்க்கங்களின் கூடுதல்} \\ \div \text{ எடுக்கப்பட்ட மொத்த அளவீடுகளின்} \\ \text{எண்ணிக்கை.}\end{array}}$$

***விளக்கம் :***

திட்ட விலக்கத்தைப் பெற

i. அளவீடுகளின் சராசரி $(\bar{x})$ கணக்கிடப்படுகிறது.
ii. ஒவ்வொரு மதிப்பும் இந்தச் சராசரியிலிருந்து கொண்டுள்ள விலக்கம் $(x_i - \bar{x})$ கணக்கிடப்படுகிறது.
iii. இந்த விலக்கம் ஒவ்வொன்றும் இருமடியாக்கப்படுகிறது $(x_i - \bar{x})^2$
iv. இருமடி மதிப்புகள் அனைத்தும் கூட்டப்படுகின்றன $\sqrt{\Sigma(x_i - \bar{x})^2}$.
v. படி vi பெறப்பட்ட மதிப்பு, எடுக்கப்பட்ட அளவீடுகளின் எண்ணிக்கையால் வகுக்கப்படுகிறது. $\Sigma(x_i - \bar{x})^2 \div N$.
vi. படி v -ல் பெறப்பட்ட மதிப்பின் வர்க்கமூலம் தான் திட்ட விலக்கம் ஆகும். இவ்வாறாக திட்ட விலக்கம் $\sigma = \sqrt{\Sigma(x_i - \bar{x})^2 \div N}$.

எடுக்கப்பட்ட அளவீடுகளின் எண்ணிக்கை அதிகமாக இருந்தால் மட்டுமே பயன்படுத்தத்தக்கது. பகுப்பாய்வு வேதியியல் நாம் சிறிய எண்ணிக்கையில் தான் அளவீடுகளை நிகழ்த்துகிறோம். எனவே v வது படியில் படி iv-ல் வரும் மதிப்பை N ஆல் வகுப்பதற்குப்பதிலாக $(N - 1)$ ஆல் வகுத்தால் சிறிய எண்ணிக்கையிலான அளவீடுகளுக்கான திட்ட விலக்கம் (s) கிடைக்கும். அதாவது, $s = \sqrt{\Sigma(x_i - \bar{x})^2 \div (N - 1)}$.

*எடுத்துக்காட்டு / விளக்கம் :*

தீர்வு செய்யப்பட்ட பின்வரும் பல்கலைக்கழகக் கணக்கு, தரப்பட்ட ஒரு தொகுதித் தரவுகளிலிருந்து திட்ட விலக்கத்தைக் கணக்கிடுவது எப்படி என்பதை விளக்கும்.

*கணக்கு :*

பின்வரும் மதிப்புகளுக்குத் திட்டவிலக்க மதிப்பு என்ன ?

7.720, 7.725, 7.736, 7.719, 7.742 மற்றும் 7.751

*தீர்வு :*

i. $\bar{x}$ - ஐக் கணக்கிடல்

$$(7.720 + 7.725 + 7.736 + 7.719 + 7.742 + 7.751) \div 6$$

$$= 46.393 \div 6 = 7.732$$

ii. $\Sigma\,(x_i - \bar{x})^2 \div N$ க் கணக்கிடல்

| $x_i$ | $(x_i - \bar{x})$ | $(x_i - \bar{x})^2$ |
|---|---|---|
| 7.720 | 0.012 | $1.44 \times 10^{-4}$ |
| 7.725 | 0.007 | $0.49 \times 10^{-4}$ |
| 7.736 | 0.004 | $0.16 \times 10^{-4}$ |
| 7.719 | 0.013 | $1.69 \times 10^{-4}$ |
| 7.742 | 0.010 | $1.00 \times 10^{-4}$ |
| 7.751 | 0.019 | $3.61 \times 10^{-4}$ |

iii. $\therefore \Sigma(x_i - \bar{x})^2 = 8.39 \times 10^{-4}$

iv. $$\frac{\Sigma(x_i - \bar{x})^2}{N - 1} = \frac{8.39 \times 10^{-4}}{5} = 1.678 \times 10^{-4}$$

v. $$\sqrt{\Sigma(x_i - x)^2 \div (N - 1)} = \sqrt{1.678 \times 10^{-4}} = 0.013$$

திட்ட விலக்கம் = 0.013

## பயிற்சிகள் : (பல்கலைக்கழக கணக்குகள்)

1. 25.32, 25.07, 25.18 மற்றும் 25.26 ஆகிய மதிப்புகட்கு திட்ட விலகலைக் கணக்கிடுக.
   [விடை : 0.1082]

2. MA என்ற சேர்மத்தில் M, 62.42, 62.28, 62.46, 62.32, 62.22 என்ற விழுக்காடுகளில் காணப்படுகின்றன. இவைகளினின்று சராசரி மையக்கோட்டளவு, நியம விலக்குகளைக் கணக்கிடு ?
   [விடை : i. 62.34, ii. 62.32, iii. 0.099]

***திட்ட விலக்கத்தின் மேன்மை :*** திட்பத்தைச் சராசரியாகவோ சராசரி விலக்கமாகவோ குறிப்பிடுவதைவிட, திட்ட விலக்கமாக குறிப்பிட்டால் கூடுதலான நம்பகத்தன்மை இருக்கும். இது ஏனெனில் திட்ட விலக்கத்திற்கு கொள்கையளவிலான அடிப்படை உண்டு.

**அதன் பயன்பாடு :**

ஒரு தொகுதி அளவீடுகளின் திட்ட விலக்கம் குறைவானதாக இருந்தால் அத்தொகுதியின் சராசரி கிட்டத்தட்டத் திட்பமானது எனப்பொருள்.

**சராசரி விலக்கத்திற்கும் திட்ட விலக்கத்திற்கும் இடையேயான வேறுபாடு** V.V.I X X.

| | | *சராசரி விலக்கம்* | *திட்ட விலக்கம்* |
|---|---|---|---|
| 1. | வரையறை | ஒரு தொகுதி மதிப்புகளின் கூட்டு சராசரி விலக்கம் என்பது ஒவ்வொரு அளவீடும் அனைத்து மதிப்புகளின் சராசரியிலிருந்து எவ்வளவு விலக்கம் கொண்டுள்ளதோ அவை அனைத்தினுடைய சராசரி | $\sqrt{\text{ஒரு தொகுதி மதிப்புகளின் சராசரியிலிருந்து அத் தொகுதியிலுள்ள ஒவ்வொரு மதிப்பும் கொள்ளும் விலக்கத்தின் வர்க்கத்தின் வர்க்கங்களின் கூடுதல்} \div \text{எடுக்கப்பட்ட மொத்த அளவீடுகளின் எண்ணிக்கை}}$ |
| 2. | வாய்பாடு | $\sqrt{\Sigma(x_i-\overline{x}) \div N}$ | $\sqrt{\Sigma(x_i-\overline{x})^2 \div (N-1)}$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3. | திட்பம் | திட்ட விலக்கத்தைவிடக் குறைவு, சராசரியை விடக் கூடுதலானது. | சராசரி விலக்கத்தை விடவும் மேன்மையானது. திட்பத்தைத் தெரிவிக்க உச்சபட்ச சிறந்த முறை. |

10M

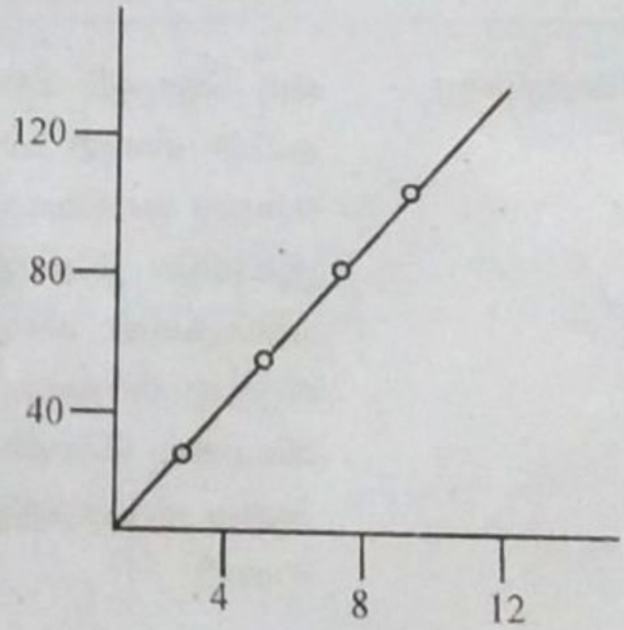
V.V.I

## வரைகோடு அமைத்தல் - மீச்சிறு மடிமுறை
## (Curve fitting - method of least squares)

ஒரு தொடர்பையோ ஒரு போக்கினையோ காட்டிட வேண்டுமெனில் நாம் ஒரு வரைபடம் வரைகிறோம். X மற்றும் Y ஆகிய இரண்டு மாறிகளை ஒன்றிக்கெதிராக மற்றொன்றினைக் குறித்து நாம் வரைபடம் வரைகிறோம். பின்வரும் தரவுகளை காண்போம்.

| x | y |
|---|---|
| 2 | 20.20 |
| 4 | 40.4 |
| 6 | 60.6 |
| 8 | 80.2 |
| 10 | 100.8 |
| 12 | 120.0 |

இத்தரவுகளைப் பயன்படுத்தி ஒரு வரைபடம் வரையலாம். படத்தில் மரபாக சார்ந்திராகமாறியை அதாவது, மூலகாரணத்தை அல்லது எந்த மதிப்பின் அடிப்படையில் ஒரு குறிப்பிட்ட கணிப்பை நாம் செய்கிறோமோ. அதை X அச்சிலும் (கிடை அச்சிலும்) சார்ந்துள்ள மாறியை அதாவது கணிக்கப்பட்ட பண்பின் மீதுள்ள விளைவை Y அச்சிலும் (செங்குத்து அச்சிலும்) குறிக்கிறோம்.



X -க்கும் Y-க்கும் இடையேயுள்ள போக்கினை அல்லது தொடர்பினை இவ்வரைபடம் தருகிறது. மேற்கண்ட வரைபடம் X மற்றும் Y ஆகியவற்றிற்கிடையே ஒரு நேர்க்கோட்டுத் தொடர்புள்ளதைக் சுட்டுகிறது. மேலே உள்ள வரைபடத்தில் நேர்கோடு நன்கு கிடைத்துள்ளது. பொதுவாக, சோதனைகளில் பெறப்படும் தரவுகளுக்கு படத்தில் காட்டியுள்ளது போல் நேர்கோடு அவ்வளவு நன்றாக அமைவதில்லை. அத்தகைய நிலையில் நன்கு பொருந்தக்கூடிய நேர்க்கோட்டினை நாம் வரைய வேண்டும். இதையே வரைகோடு அமைத்தல் என்கிறோம். இதற்கு நாம் மீச்சிறு மடிமுறை என்னும் முறையினைப் பயன்படுத்துகிறோம். இம்முறையின் மூலம் நமக்கு ஒரு நேர்கோடு கிடைக்கிறது. இந்த நேர்கோட்டிற்கு அதிலிருந்து ஏற்பட்டுள்ள செங்குத்து விலக்கங்களின் கூட்டுத்தொகை பூஜ்யமாக இருக்கும். மேலும் அந்தச் செங்குத்து விலக்கங்களின் இருமடிகளின் கூட்டுத்தொகை வேறெந்த நேர்கோட்டினுடையதைவிடவும் குறைவாகவே இருக்கும். அத்தகைய நேர்கோடு ஒன்றே ஒன்றுதான் இருக்கும். அதாவது, அந்த நேர்கோடே உச்சபட்சமாகப் பொருந்தும் கோடாக இருக்கும். இத்தகைய உச்சபட்சமாகப் பொருந்தும் நேர்கோட்டை வரைபடத்தில் உள்ள புள்ளிகளைப் பார்த்து வரைந்து விட முடியாது. இவ்வாறு உச்சபட்சமாகப் பொருந்தும் நேர்கோட்டை வரைய மீச்சிறு மடி முறையைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

பின்வரும் தரவுகளைப் காண்போம்.

| X | Y |
|---|---|
| 1 | 1.5 |
| 2 | 1.8 |
| 3 | 2.7 |
| 4 | 4.0 |

மேற்கூறிய தரவுகளுக்கு உச்சபட்சமாகப் பொருத்தக்கூடிய வரைகோட்டை அமைக்க பின்வரும் படிகள் பின்பற்றப்படுகின்றன.

i. $\Sigma X$, $\Sigma Y$, $\Sigma XY$ மற்றும் $\Sigma X^2$ ஆகியவை கணக்கிடப்படுகின்றன. நமது எடுத்துக்காட்டில்,

$\Sigma X = 10, \Sigma Y = 10, \Sigma XY = 29.2$ மற்றும் $\Sigma X^2 = 30$

ii. மேற்கூறிய மதிப்புகள் பின்வரும் ஒருங்கைச் சமன்பாடுகளில் பதிலிடப்படுகின்றன.

$$\Sigma Y = aN + b\Sigma X$$
$$\Sigma XY = a\Sigma X + b\Sigma X^2$$

இங்கு N என்பது எத்தனை இணை தரவுகள் உள்ளன என்ற எண்ணக்கை = 4

அதாவது, $10 = a \times 4 + b \times 10$ - (1)

மற்றும் $29.2 = a \times 10 + b \times 30$ - (2)

(1) -ஐ 3 ஆல் பெருக்க

$30 = 12a + 30b$ - (3)

(3) -லிருந்து (2) -ஐக் கழிக்க நாம் பெருவது

$0.8 = 2a$

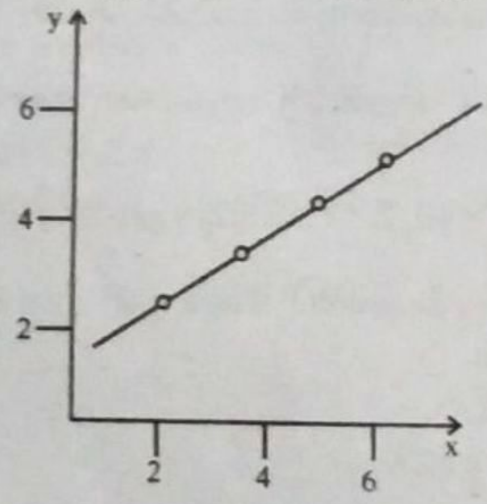
$\therefore a = 0.4$ - (4)

(1) -ல் (4) -ஐப் பதிலிட $b = 0.84$

iii. இப்போது $Y = a + bx$ என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி தரப்பட்ட ஒவ்வொரு x-ன் மதிப்பிற்கும் Y-ன் மதிப்பு கணக்கிடப்படுகிறது. நமது எடுத்துக்காட்டிலுள்ள இரு தரவுகளிலிருந்து x-ன் இரு மதிப்புகளுக்கு Y-ன் மதிப்புகள் கணக்கிடப்படுகின்றன.

| X | கணக்கிடப்பட் $Y = (0.4 + 0.8) X$ |
|---|---|
| 1 | 1.2 |
| 4 | 3.6 |

iv. இந்த இரு இணை மதிப்புகளுக்கு ஈடான இரு புள்ளிகள் வரைபடத்தில் குறிக்கப்பட்டு அவை இணைக்கப்படுகின்றன. நமது தரவுகளுக்கு உச்ச பட்சமாகப் பொருந்தும் நேர்கோடு கிடைக்கிறது. தரப்பட்ட தரவுகளுக்குக்கான வரைபடம் பின்வருமாறு இருக்கும்.



**தொடர்புக்குணகம் ஒட்டுறவுகெழு (Correlation coefficient) :**

தரப்பட்டதொரு தொகுதித் தரவுகள் எந்த அளவிற்கு நேர்கோட்டுத் தன்மை பெற்றவை என்பதைச் சுட்டும் அளவாகும் இது. இது r என்ற குறிப்பிடப்படுகிறது.

***கணித வடிவம் :***

$$r = \frac{N\Sigma XY - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{\{[N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2]\,[N\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2]\}^{1/2}}$$

இங்கு X மற்றும் Y ஆகியவை இரு பண்புகளை இணைக்கும் N என்பது தரவு இணைவுகளின் எண்ணிக்கை.

***விளக்கம் :***

X மற்றும் Y ஆகியவை இரு மாறிகள் அல்லது இரு பண்புகள். N இணைத்தரவுகளிலிருந்து X மற்றும் Y ஆகியவற்றிற்கிடையே நேர்கோட்டுத் தொடர்பு இருக்கிறதா எனக் கண்டுபிடிக்க இத உதவுகிறது.

r = 1 எனில் X மற்றும் Y ஆகியவற்றிக்கிடையே முழு நிறைவான (perfect) நேர்கோட்டுத் தொடர்பு உள்ளது எனப்பொருள்.

r = 0.99 முதல் 0.75 வரை இருக்குமாயின் X மற்றும் Y ஆகியவற்றிற்கிடையே மிகச்சிறந்த (Excellent) நேர்கோட்டுத் தொடர்பு உள்ளது எனப்பொருள்.

r = 0.75 முதல் 0.50 வரை இருக்குமாயின் X மற்றும் Y ஆகியவற்றிற்கிடையே நல்லதொரு நேர்கோட்டுத் தொடர்பு உள்ளது எனப்பொருள்.

r ன் மதிப்பு 0.50 விட குறைவாக இருப்பின் X மற்றும் Y ஆகியவற்றிற்கிடையே குறைவான அளவிற்கே நேர்கோட்டுத் தொடர்பு உள்ளது என்ற முடிவிற்கு நாம் வரலாம்.

மேலே தரப்பட்டுள்ள நமது எடுத்துக்காட்டில்,

| | | |
|---|---|---|
| $N = 4$ | $\Sigma X = 10$ | $\Sigma Y = 10$ |
| $\Sigma XY = 29.2$ | $\Sigma X^2 = 30$ | $(\Sigma X)^2 = 100$ |
| $\Sigma Y^2 = 28.78$ | $(\Sigma Y)^2 = 100$ | |

$$r = \frac{(4 \times 29.2) - (10 \times 10)}{\{[4 \times 30 - 100]\,[4 \times 28.78 - 100]\}^{1/2}}$$

$$= \frac{116.8 - 100}{\{[120 - 100]\,[115.12 - 100]\}^{1/2}}$$

$$= \frac{16.8}{\{[120]\,[15.12]\}^{1/2}} = \frac{16.8}{304^{1/2}}$$

$$= \frac{16.8}{17.44} = 0.96$$

அதாவது, நமது தரவுகளின் படி X மற்றும் Y ஆகியவற்றிக்கிடையே, மிகச் சிறந்த நேர்கோட்டுத் தொடர்பு உள்ளது.

இவ்வாறாக, தொடர்புக் குணகம் தரப்பட்டதொரு தொகுதித் தரவுகளின் நேர்கோடுத் தன்மையின் அளவு பற்றியதொரு கருத்தினை நமக்குத் தருகிறது.

**வேதி மற்றும் ஒற்றை வட்டு தராசுகள்** TO

5m

**(Chemical and single pan balance)**

**பகுப்பாய்வு தராசை பயன்படுத்தும் போது எடுக்கும் முன்னெச்சரிக்கை நடவடிக்கைகள்**

1. எடைக்கு எடுத்துக் கொள்ளப்படும் பொருளினை தட்டின் நடுவில் வைக்க வேண்டும்.
2. தராசினை அரிமானத்திலிருந்து பாதுகாத்து கொள்ள வேண்டும்.
3. பயன்படுத்தப்படும் முறைகளை சரியாக பின்பற்றி தராசினை சரிசெய்ய வேண்டும்.
4. தராசில் உள்ள அழுக்குகளை ஒரு பிரஷ்ஷின் உதவியால் தூய்மை செய்ய வேண்டும்.
5. தராசு இருக்கும் இடத்தின் வெப்பநிலை அறைவெப்பநிலையைவிட குறைவாக இருக்க வேண்டும்.
6. தராசில் உள்ள பொருட்களை எடுப்பதற்கு கையைப் பயன்படுத்தாமல் இடுக்கியை பயன்படுத்த வேண்டும்.

**மிதப்பு விளைவு (Buoyancy effect)** 7

மிதப்பு பிழை என்பது ஒரு எடைப்பிழை ஆகும். எடைக்கு எடுத்துக் கொள்ளப்படும் பொருளின் வெவ்வேறு அடர்த்தியில் இப்பிழை எற்படுகிறது.

5m

பிழையினால் பொருட்களின் அடர்த்தி மற்றும் நிறை ஆகியவை பாதிக்கப்படுகிறது. இம்மாதிரியான பிழைகளை எடுத்துக்கொள்ளப்படும் பொருளின் ஊடகத்தினால் ஏற்படும் நிறைக் குறைபாட்டினால் விளக்கலாம். மிதப்பு பிழைகளை எலக்ட்ரானிக் தராசின் உதவியால் பின்வரும் சமன்பாட்டின் மூலம் விளக்கலாம்.

$$W = W_1 + W_2 \quad \frac{d_{air}}{d_{obj}} - \frac{d_{air}}{d_{wts}}$$

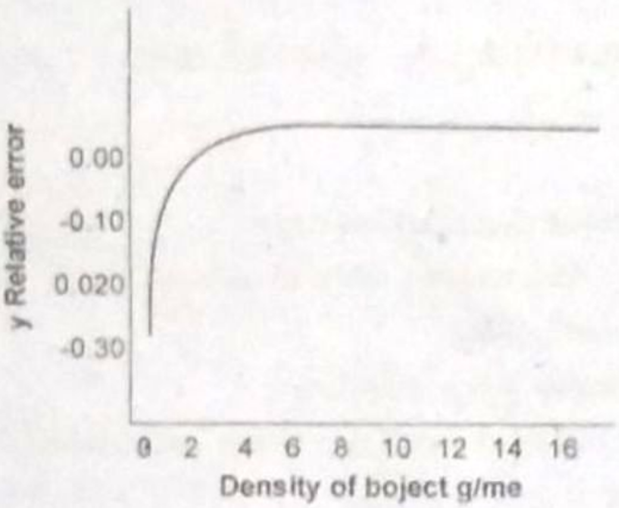
$W_1$ - பொருளின் சரியான எடை

$W_2$ - நிறையின் திட்டநிறை

$d_{obj}$ - பொருளின் அடர்த்தி

$d_{air}$ - காற்றின் அடர்த்தி ($0.00129/cm^3$)

$d_{wts}$ - நிறையின் அடர்த்தி

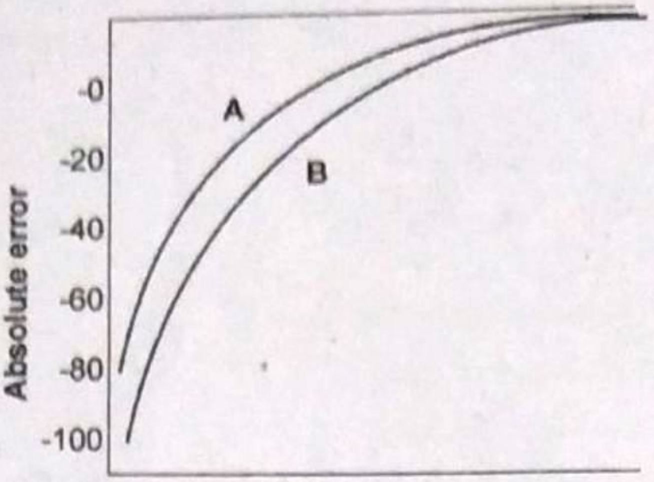



இச்சமன்பாட்டின் மதிப்புகளை பின்வரும் வரைபடத்தின் மூலம் அறியலாம். ஒப்பு பிழைகளினால் ஏற்படும் மிதப்பு தன்மையை காற்றில் எடையெடுக்கப்பட்ட பொருளுக்கு எதிராக வரைபடம் போடப்படுகின்றன. ஒற்றை தட்டு தராசின் மூலம் பயன்படுத்துவதால் பொருளின் நிறை அடர்த்தி வேறுபாடு 8 - 8.4 $g/cm^3$.

## வெப்பதினால் ஏற்படும் விளைவுகள் (Temperature effects) T

எந்தவொரு வெப்பநிலையில் பொருட்களில் ஏற்படும் மாறுபாடுகள் பொருளுடை பிழைகளை உண்டாக்குகிறது. இம்மாதிரியான பிழைகள் இரு வழிகளில் உண்டாகின்றன. முதலாவது தராசுத் தட்டில் பொருள் உள்ள போது

ஏற்படும் மிதப்பு பிழை மற்றும் குறைந்த வெப்பநிலையில் பொருளில் ஏற்படும் எடையிழப்பு ஆகியவை ஆகும். இம்மாதிரியான பிழைகளை ஒரு சில குறிப்பிட்ட வடிகட்டும் புடக்குகையின் மூலம் ஏற்படுகிறது.




## பல்கலைக்கழக வினாக்கள்

1. வரையறு : பிழை
2. பிழைகள் எவ்வாறு வகைப்படுத்தப்படுகின்றன ?
3. வெவ்வேறு வகையான பிழைகளைப் பற்றி விவரிக்க.
4. சிறு குறிப்பு வரைக : தனிப்பிழை.
5. ஒப்புப் பிழைக்கு வரையறை தந்து விளக்குக.
6. பகுப்பாய்வு அளவீட்டில் எதிர்கொள்ளப்படும் பிழை வகைகளைப் பற்றி குறிப்பு வரைக ?
7. அளந்தறியும் பிழை என்பதை விவரி.
8. முறையான பிழைகள் என்றால் என்ன ? அவற்றை எவ்வாறு கண்டறியலாம் ?
9. காணக்கூடிய பிழையை பலவகைப்படுத்தி ஒவ்வொரு வகைக்கும் உதாரணம் தருக.
10. அளந்தறியும் பிழைகளைப் பற்றி குறிப்பு எழுதுக.
11. உபகரணப் பிழைகளை எவ்வாறு கண்டறியலாம் ? அவற்றை எவ்வாறு விளக்கலாம் ?
12. வேதியியல் எடைகளை அவற்றைப் பயன்படுத்த முன் தக்கபடி அளவையிட வேண்டியுள்ளது. ஏன் ?
13. ஆய்வுக் கூடங்களில் பயன்படுத்துமுன் பியூரெட்டுகளையும், பிப்பெட்டுகளையும் கண்டிப்பாக அளவைவிட வேண்டியுள்ளது. ஏன் ?