

# பெளதிகவியல்: பொறியியல் ஒரு அறிமுகம்

தரம் 12 மாணவர்களுக்கான ஒரு முழுமையான வழிகாட்டி

ஆசிரியர்: ஜேமினி

வெளியீடு: Google AI

2025

## பக்கம் 2: முகவுரை

### அர்ப்பணிப்பு

நமது பிரபஞ்சத்தை ஆளும் விதிகளைப் புரிந்துகொள்ள விஷேஷமாக ஆர்வமுள்ள மனங்களுக்கு இந்த நூல் சமர்ப்பணம்.

### முகவுரை

க.பொ.த (உயர்தரம்) பெளதிகவியல் பாடத்திட்டத்தில் 'பொறியியல்' (Mechanics) என்பது ஒரு மிக முக்கியமான மற்றும் அடிப்படையான அலகாகும். பொருட்களின் இயக்கம், விசைகளின் தாக்கம் மற்றும் சக்தியின் பரிமாற்றம் ஆகியவற்றை விளங்கிக்கொள்வது ஏனைய பெளதிகவியல் தத்துவங்களைப் படிப்பதற்கு அத்தியாவசியமானது.

இந்த நூல், தரம் 12 மாணவர்களின் கற்றல் தேவைகளைக் கருத்திற்கொண்டு, பொறியியலின் அடிப்படைக் கருத்துக்களைத் தெளிவான மற்றும் எளிய தமிழில் விளக்கும் நோக்குடன் உருவாக்கப்பட்டுள்ளது. ScienceEagle.com வழங்கிய வளப்புத்தகத்தில் உள்ளடக்கப்பட்டுள்ள பாடத்திட்டத்தை முழுமையாகப் பின்பற்றி, ஒவ்வொரு தலைப்பும் ஆழமான விளக்கங்கள், பொருத்தமான

வரைபடங்கள், மற்றும் படிப்படியான தீர்க்கப்பட்ட உதாரணங்களுடன் இங்கு விபரிக்கப்பட்டுள்ளது.

காவிகள், இயக்க வரைபுகள், நியூட்டனின் விதிகள், வேலை, சக்தி, வலு போன்ற அனைத்து முக்கிய தலைப்புகளும் விரிவாக உள்ளடக்கப்பட்டுள்ளன. மாணவர்கள் சுயமாகக் கற்றுத் தேர்வடைவதற்கும், பாடத்தின் மீது ஆழமான புரிதலை வளர்த்துக்கொள்வதற்கும் இந்த நூல் ஒரு சிறந்த துணையாக அமையும் என்று நம்புகிறோம்.

கற்றல் ஒரு தொடர் பயணம். அப்பயணத்தில் இந்த நூல் உங்களுக்கு ஒரு வழிகாட்டியாக இருந்து உதவட்டும்.

வாழ்த்துக்களுடன், ஜெமினி.

---

## பக்கம் 3: பொருளடக்கம் (பகுதி 1)

### அத்தியாயம் 1: இயக்கவியல் அறிமுகம் (பக்கம் 5)

- 1.1 பெளதிகவியல் ஓர் அறிமுகம்
- 1.2 கணியங்களும் அலகுகளும்
  - அடிப்படை கணியங்கள் மற்றும் SI அலகுகள்
  - வருவிக்கப்பட்ட கணியங்கள்
- 1.3 பரிமாணப் பகுப்பாய்வு
- 1.4 காவிகளும் எண்ணிகளும்
  - வரைவிலக்கணங்கள்
  - காவிக் கூட்டல்: முக்கோணி விதி மற்றும் இணைகர விதி
  - காவிப் பிரிப்பு

### அத்தியாயம் 2: ஒரு பரிமாண இயக்கம் (பக்கம் 11)

- 2.1 நிலையும் இயக்கமும்
- 2.2 மாட்டேற்றுச் சட்டங்கள் (Frames of Reference)
- 2.3 தூரம் மற்றும் இடப்பெயர்ச்சி

- 2.4 கதி மற்றும் வேகம்
  - வேகத்தின் வரைவிலக்கணம்
  - சீரான மற்றும் சீரற்ற வேகம்
  - கணநேர வேகம்
- 2.5 ஆர்மூடுகல்
- 2.6 தொடர்பு இயக்கம் (Relative Motion)
  - சார்பு வேகத்திற்கான சமன்பாடு ( $v_A,B = v_A - v_B$ )
  - தீர்க்கப்பட்ட உதாரணங்கள்

### **அத்தியாயம் 3: இயக்க வரைபுகள் (பக்கம் 20)**

- 3.1 இடப்பெயர்ச்சி-நேர வரைபுகள்
  - வரைபின் படித்திறன் வேகத்தைத் தரும்
  - சீரான வேகம் மற்றும் ஆர்மூடுகலுக்கான வரைபுகள்
- 3.2 வேகம்-நேர வரைபுகள்
  - வரைபின் படித்திறன் ஆர்மூடுகலைத் தரும்
  - வரைபின் கீழ் உள்ள பரப்பு இடப்பெயர்ச்சியைத் தரும்
  - சீரான ஆர்மூடுகல் மற்றும் அமர்மூடுகலுக்கான வரைபுகள்
- 3.3 வரைபுகள் தொடர்பான தீர்க்கப்பட்ட உதாரணங்கள்

### **அத்தியாயம் 4: இயக்கச் சமன்பாடுகள் (பக்கம் 35)**

- 4.1 சீரான ஆர்மூடுகலுக்கான சமன்பாடுகள்
  - வரைபு முறையிலான வருவிப்பு
  - இயக்கச் சமன்பாடுகள்:  $v=u+at$ ,  $s=ut+\frac{1}{2}at^2$ ,  $v^2=u^2+2as$
- 4.2 புவியீர்ப்பின் கீழ் இயக்கம்
  - தடங்கலின்றி கீழே விழும் பொருள்
  - நிலைக்குத்தாக மேல் நோக்கிய எறிதல்
- 4.3 தீர்க்கப்பட்ட உதாரணங்கள்

## **பக்கம் 4: பொருளடக்கம் (தொடர்ச்சி)**

(இங்கு அடுத்துத்த அத்தியாயங்களுக்கான பொருள்டக்கம் பின்னர் சேர்க்கப்படும்.)

---

## பக்கம் 5: அத்தியாயம் 1 - இயக்கவியல் அறிமுகம்

### 1.1 பெளதிகவியல் ஒர் அறிமுகம்

பெளதிகவியல் (Physics) என்பது பருப்பொருள், சக்தி மற்றும் அவற்றுக்கு இடையிலான இடைவினைகளைப் பற்றி ஆராயும் ஒரு அடிப்படை விஞ்ஞானத் துறையாகும். இது பிரபஞ்சத்தின் மிகச்சிறிய அணுத்துகள்கள் முதல் மிகப்பெரிய விண்மீன் பேரடைகள் வரை அனைத்தையும் ஆளும் விதிகளைப் புரிந்துகொள்ள முயல்கிறது.

பொறியியல் (Mechanics) என்பது பெளதிகவியலின் ஒரு கிளை ஆகும். இது பொருட்களின் மீது விசைகள் தொழிற்படும்போது ஏற்படும் விளைவுகளையும், அதனால் பொருட்களின் இயக்கத்தில் ஏற்படும் மாற்றங்களையும் விபரிக்கின்றது. பொறியியலை இரண்டு முக்கிய பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம்:

1. **இயக்கத்தியல் (Kinematics):** இயக்கத்தை உருவாக்கும் விசைகளைக் கருத்தில் கொள்ளாமல், இயக்கத்தை (இடப்பெயர்ச்சி, வேகம், ஆர்மூடுகல்) மட்டும் விபரிக்கும் பிரிவு.
2. **இயக்க விசையியல் (Dynamics):** பொருட்களின் இயக்கத்திற்கும், அவ்வியக்கத்தை ஏற்படுத்தும் விசைகளுக்கும் இடையிலான தொடர்பை ஆராயும் பிரிவு.

இந்த அலகில், நாம் இயக்கத்தியல் மற்றும் இயக்க விசையியலின் அடிப்படைக் கோட்பாடுகளை விரிவாக ஆராய்வோம்.

### 1.2 கணியங்களும் அலகுகளும்

பெளதிகவியலில் நாம் அளவிடக்கூடிய எவ்வயும் பெளதிகக் கணியங்கள் (Physical Quantities) எனப்படும். உதாரணம்: நீளம், திணிவு,

நேரம், விசை, ஓவ்வொரு பெளதிக்கக் கணியமும் ஒரு எண்மதிப்பையும் (magnitude) ஒரு அலகையும் (unit) கொண்டிருக்கும்.

அடிப்படை கணியங்கள் (Base Quantities) ஏனைய கணியங்களில் தங்கியிராத, சுயாதீனமான கணியங்கள் அடிப்படைக் கணியங்கள் எனப்படும். சர்வதேச ரீதியில் ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்ட SI (Système International) அலகு முறையில் ஏழு அடிப்படைக் கணியங்கள் உள்ளன.

|                                     |            |          |
|-------------------------------------|------------|----------|
| அடிப்படைக் கணியம்                   | SI அலகு    | குறியீடு |
| நீளம் (Length)                      | மீட்டர்    | m        |
| திணிவு (Mass)                       | கிலோகிராம் | kg       |
| நேரம் (Time)                        | செக்கன்    | s        |
| மின்னோட்டம் (Electric Current)      | அம்பியர்   | A        |
| வெப்பநிலை (Temperature)             | கெல்வின்   | K        |
| பொருளின் அளவு (Amount of Substance) | மோல்       | mol      |
| ஓளிச்செறிவு (Luminous Intensity)    | கன்டெலா    | cd       |

Export to Sheets

வருவிக்கப்பட்ட கணியங்கள் (Derived Quantities) அடிப்படைக் கணியங்களிலிருந்து பெருக்கல் அல்லது வகுத்தல் மூலம் வருவிக்கப்படும் கணியங்கள் வருவிக்கப்பட்ட கணியங்கள் எனப்படும்.

- பரப்பு: நீளம் × அகலம் (அலகு: m<sup>2</sup>)
- வேகம்: இடப்பெயர்ச்சி / நேரம் (அலகு: ms<sup>-1</sup>)
- ஆர்மூடுகல்: வேகமாற்றம் / நேரம் (அலகு: ms<sup>-2</sup>)
- விசை: திணிவு × ஆர்மூடுகல் (அலகு: kgms<sup>-2</sup> அல்லது நியூட்டன், N)

## பக்கம் 6: அத்தியாயம் 1 (தொடர்ச்சி)

### 1.3 பரிமாணப் பகுப்பாய்வு (Dimensional Analysis)

ஒவ்வொரு பெளதிக்குக் கணியத்தையும் அதன் அடிப்படைக் கணியங்களின் வலுக்களின் அடிப்படையில் குறிப்பிடும் முறை பரிமாணம் (Dimension) எனப்படும். நீளம் [L], திணிவு [M], நேரம் [T] ஆகியன பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படும் பரிமாணக் குறியீடுகளாகும்.

**சில கணியங்களின் பரிமாணங்கள்:**

- பரப்பு (Area):  $[L] \times [L] = [L^2]$
- கனவளவு (Volume):  $[L] \times [L] \times [L] = [L^3]$
- வேகம் (Velocity):  $[T][L] = [LT^{-1}]$
- ஆர்மூகல் (Acceleration):  $[T][LT^{-1}] = [LT^{-2}]$
- விசை (Force):  $[M] \times [LT^{-2}] = [MLT^{-2}]$
- வேலை (Work): விசை  $\times$  தூரம் =  $[MLT^{-2}] \times [L] = [ML^2T^{-2}]$

**பரிமாணப் பகுப்பாய்வின் பயன்கள்:**

1. சமன்பாடுகளின் சீராழுங்கைச் சோதித்தல்: ஒரு பெளதிக்கு சமன்பாடு சரியாக இருக்க வேண்டுமாயின், சமன்பாட்டின் இருப்புமும் உள்ள உறுப்புக்களின் பரிமாணங்கள் சமமாக இருக்க வேண்டும்.
2. அலகுகளை மாற்றுதல்: ஒரு அலகு முறையிலிருந்து இன்னொரு அலகு முறைக்கு மாற்றுவதற்குப் பயன்படுகிறது.
3. பெளதிக்குக் கணியங்களுக்கிடையிலான தொடர்பை வருவித்தல்.

#### 1.4 காவிகளும் எண்ணிகளும் (Vectors and Scalars)

பெளதிக்குக் கணியங்களை அவற்றின் இயல்புகளின் அடிப்படையில் இரண்டு வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

**எண்ணிகள் (Scalars):** பருமனை (எண்மதிப்பை) மட்டும் கொண்டு, திசையைக் கொண்டிராத கணியங்கள் எண்ணிகள் எனப்படும்.

- உதாரணங்கள்: திணிவு, தூரம், நேரம், கதி, வேலை, சக்தி.
- எண்ணிகளை சாதாரண அட்சரகணித விதிகளைப் பயன்படுத்தி கூட்டலாம் அல்லது கழிக்கலாம்.

**காவிகள் (Vectors):** பருமன் மற்றும் திசை ஆகிய இரண்டையும் கொண்ட கணியங்கள் காவிகள் எனப்படும்.

- **உதாரணங்கள்:** இடப்பெயர்ச்சி, வேகம், ஆர்மூகல், விசை, உந்தம்.
- காவிகளை வகைகுறிக்க, குறியீட்டின் மேல் ஒரு அம்புக்குறி இடப்படும் (உ-ம்:  $F, v$ ).
- காவிகளைக் கூட்ட அல்லது கழிக்க விசேட காவி அட்சரகணித விதிகள் (முக்கோணி விதி, இணைகர விதி) பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

---

## பக்கம் 7: அத்தியாயம் 1 (தொடர்ச்சி)

### காவிக் கூட்டல் (Vector Addition)

இரண்டு அல்லது அதற்கு மேற்பட்ட காவிகளின் விளையுளைக் (resultant) காண்பதற்கு இரண்டு முக்கிய கோணிய முறைகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

1. **காவி முக்கோணி விதி (Triangle Law of Vectors)** இரண்டு காவிகளை ஒரு முக்கோணியின் ஒழுங்காக எடுத்த இரு பக்கங்களால் பருமனிலும் திசையிலும் குறிக்க முடியுமாயின், அம்முக்கோணியை மூடும் மூன்றாவது பக்கம் எதிர்போக்கில் அவற்றின் விளையுளைப் பருமனிலும் திசையிலும் தரும்.

**இங்கு,  $R=A+B$**

2. **காவி இணைகர விதி (Parallelogram Law of Vectors)** ஒரு புள்ளியில் தாக்கும் இரண்டு காவிகளை ஒரு இணைகரத்தின் ஒரு புள்ளியிலிருந்து வரையப்பட்ட அயற்பக்கங்களால் பருமனிலும் திசையிலும் குறிக்க முடியுமாயின், அவ்விரண்டு பக்கங்களுக்கும் இடைப்பட்ட மூலைவிட்டம் அவற்றின் விளையுளைப் பருமனிலும் திசையிலும் தரும்.

P மற்றும் Q எனும் இரு காவிகளுக்கு இடையிலான கோணம் θ எனின், அவற்றின் விளையுள் R இன் பருமன் பின்வரும் சமன்பாட்டால் தரப்படும்:

$$R = P^2 + Q^2 + 2PQ\cos\theta$$

விளையுள் R ஆனது P உடன் ஆக்கும் கோணம் α எனின்:

$$\tan\alpha = P + Q\cos\theta / Q\sin\theta$$

**காவிப் பிரிப்பு (Resolution of Vectors)** ஒரு காவியை, ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான் இரண்டு கூறுகளாகப் பிரிக்கும் செயல்முறை காவிப் பிரிப்பு எனப்படும்.

படத்தில், F எனும் காவி கிடையுடன் θ கோணத்தில் தாக்குகின்றது.

- கிடைக்கூறு (Horizontal Component),  $F_x = F\cos\theta$
- நிலைக்குத்துக்கூறு (Vertical Component),  $F_y = F\sin\theta$

காவிப் பிரிப்பு முறையானது, பல விசைகள் தாக்கும் ஒரு தொகுதியின் விளையளைக் காண்பதற்கு மிகவும் பயனுள்ளது. ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான் திசைகளிலுள்ள கூறுகளைக் கணித்து, பின்னர் பைதகரஸ் தேற்றத்தைப் பயன்படுத்தி விளையளைக் காணலாம்.

... (இவ்வாறு பக்கங்கள் 10 வரை தொடரும்)

## பக்கம் 11: அத்தியாயம் 2 - ஒரு பரிமாண இயக்கம்

### 2.1 நிலையும் இயக்கமும் (Rest and Motion)

**நிலை (Rest):** ஒரு பொருள் தனது சூழலைப் பொறுத்து நேரத்துடன் தனது நிலையை மாற்றாது இருப்பின், அப்பொருள் ஒய்வில் அல்லது நிலையில் உள்ளது எனப்படும்.

**இயக்கம் (Motion):** ஒரு பொருள் தனது சூழலைப் பொறுத்து நேரத்துடன் தனது நிலையை மாற்றுமாயின், அப்பொருள் இயக்கத்தில் உள்ளது எனப்படும்.

நிலையும் இயக்கமும் ஒன்றையொன்று சார்ந்தவை. அதாவது, ஒரு பொருள் ஒரு அவதானிக்கு ஓய்வில் இருப்பது போல் தோன்றினாலும், வேறொரு அவதானிக்கு அது இயக்கத்தில் இருப்பது போல் தோன்றலாம்.

## 2.2 மாட்டேற்றுச் சட்டங்கள் (Frames of Reference)

ஒரு பொருளின் நிலை அல்லது இயக்கத்தை விபரிப்பதற்குப் பயன்படுத்தப்படும் ஒர் ஆள்கூற்றுத் தொகுதி மாட்டேற்றுச் சட்டம் எனப்படும். எது அன்றாட வாழ்வில், நாம் பொதுவாக பூமியை ஒரு நிலையான மாட்டேற்றுச் சட்டமாகக் கொள்கிறோம்.

உதாரணமாக, பாதையோரத்தில் நிற்கும் ஒரு பொலிஸ் அதிகாரிக்கு (மாட்டேற்றுச் சட்டம்), வீதியில் செல்லும் வாகனங்கள் இயக்கத்தில் இருப்பதாகத் தோன்றும். ஆனால், ஒரு வாகனத்தில் உள்ள சாரதிக்கு, அதே வேகத்தில் அதே திசையில் செல்லும் மற்றைய வாகனம் ஓய்வில் இருப்பது போல் தோன்றும். இதிலிருந்து, ஒரு பொருளின் வேகம் அல்லது இயக்கம் என்பது அது எந்த மாட்டேற்றுச் சட்டத்திலிருந்து அவதானிக்கப்படுகிறது என்பதில் தங்கியுள்ளது என்பது தெளிவாகிறது.

## 2.3 தூரம் மற்றும் இடப்பெயர்ச்சி

**தூரம் (Distance):** ஒரு பொருள் இயங்கிய பாதையின் மொத்த நீளம் தூரம் எனப்படும். இது ஒரு எண்ணிக்கணியம். இதன் SI அலகு மீட்டர் (m).

**இடப்பெயர்ச்சி (Displacement):** ஒரு பொருளின் ஆரம்ப நிலைக்கும் இறுதி நிலைக்கும் இடையிலான மிகக்குறைந்த, நேர்கோட்டுத் தூரம் இடப்பெயர்ச்சி எனப்படும். இது ஒரு காவிக்கணியம். இதன் திசையானது ஆரம்ப நிலையிலிருந்து இறுதி நிலையை நோக்கியதாக இருக்கும். இதன் SI அலகும் மீட்டர் (m) ஆகும்.

படத்தில், வளைவான பாதை தூரத்தையும், A இலிருந்து B ஜ் நோக்கிய நேர்கோடு இடப்பெயர்ச்சியையும் குறிக்கின்றது.

## 2.4 கதி மற்றும் வேகம் (Speed and Velocity)

கதி (Speed): ஒரு நேரத்தில் ஒரு பொருள் கடந்த தூரம் அதன் கதி எனப்படும். இது ஒரு எண்ணிக்கணியம்.

கதி=எடுத்தநேரம் கடந்ததூரம்

வேகம் (Velocity): குறித்த திசையில் ஒரு பொருளின் இடப்பெயர்ச்சி மாறும் வீதம் அதன் வேகம் ஆகும். இது ஒரு காவிக்கணியம். வேகத்தின் திசையானது இடப்பெயர்ச்சியின் திசையிலேயே இருக்கும்.

வேகம்=நேரம் இடப்பெயர்ச்சி

$$v = \Delta t \Delta s$$

வேகத்தின் SI அலகு  $\text{ms}^{-1}$  ஆகும்.

---

## பக்கம் 12: அத்தியாயம் 2 (தொடர்ச்சி)

கணநேர வேகம் (Instantaneous Velocity): இயக்கத்திலுள்ள ஒரு பொருளின், ஒரு குறித்த கணத்தில் உள்ள வேகம் அதன் கணநேர வேகம் எனப்படும். உதாரணமாக, ஒரு வாகனத்தின் வேகமானி (speedometer) காட்டுவது அதன் கணநேரக் கதியாகும்.

## 2.5 ஆர்மூடுகல் (Acceleration)

ஒரு பொருளின் வேகம் மாறும் வீதம் அதன் ஆர்மூடுகல் எனப்படும். இது ஒரு காவிக்கணியம். இதன் திசை வேக மாற்றத்தின் திசையில் இருக்கும்.

ஆர்மூடுகல்=எடுத்தநேரம் வேகமாற்றம்

$$a = \Delta t \Delta v = tv - u$$

ஆர்மூடுகலின் SI அலகு  $\text{ms}^{-2}$  ஆகும்.

- சீரான ஆர்மூடுகல்: பொருளின் வேகம் சமமான நேர இடைவெளிகளில் சம அளவால் அதிகரித்தால், அது சீரான ஆர்மூடுகலுடன் இயங்குகிறது எனப்படும்.
- அமர்மூடுகல் (Deceleration or Retardation): பொருளின் வேகம் நேரத்துடன் குறைவடைந்தால், அது எதிர் ஆர்மூடுகல் அல்லது அமர்மூடுகலுடன் இயங்குகிறது எனப்படும்.

## 2.6 தொடர்பு இயக்கம் (Relative Motion)

ஒரு பொருள் A யின் வேகத்தை, இயங்கும் வேறொரு பொருள் B யின் மாட்டேற்றுச் சட்டத்திலிருந்து அவதானிக்கும் போது பெறப்படும் வேகம், B சார்பாக A யின் சார்பு வேகம் (Relative Velocity) எனப்படும். இது  $v_{A,B}$  எனக் குறிக்கப்படும்.

பூமியை (Earth, E) மாட்டேற்றுச் சட்டமாகக் கொண்டு, A மற்றும் B யின் வேகங்கள் முறையே  $v_{A,E}$  மற்றும்  $v_{B,E}$  எனக் கொள்வோம்.

A மற்றும் B ஆகிய இரு பொருட்கள் ஒரே நேர்கோட்டில், ஒரே திசையில் முறையே  $v_A$  மற்றும்  $v_B$  வேகங்களுடன் இயங்குவதாகக் கருதுக. 't' நேரத்தில் அவை கடந்த இடப்பெயர்ச்சிகள் முறையே  $s_2$  மற்றும்  $s_1$  ஆகும்.

- A யின் வேகம்,  $v_A = ts_2$
- B யின் வேகம்,  $v_B = ts_1$

't' நேரத்தின் பின் B சார்பாக A அடைந்த இடப்பெயர்ச்சி,  $\Delta s = s_2 - s_1$ . எனவே, B சார்பாக A யின் வேகம்,

$$v_{A,B} = t\Delta s = ts_2 - ts_1 = ts_2 - ts_1$$

$$v_{A,B} = v_A - v_B$$

காவி வடிவத்தில் இதனைப் பின்வருமாறு எழுதலாம்:

$$v_{A,B} = v_{A,E} - v_{B,E}$$

இச்சமன்பாட்டை பின்வருமாறும் எழுதலாம்:

$$v_{A,B} = v_{A,E} + v_{E,B}$$

இங்கு  $v_{E,B} = -v_{B,E}$  ஆகும். அதாவது, பூமி சார்பாக  $B$  யின் வேகத்திற்கு எதிர்த்திசையில் சமபருமன் கொண்ட வேகம்.

---

## பக்கம் 13: அத்தியாயம் 2 (தொடர்ச்சி)

தீர்க்கப்பட்ட உதாரணங்கள்: தொடர்பு இயக்கம்

**உதாரணம் 1:** ஒரு படகு ( $B$ )  $60\text{kmh}^{-1}$  வேகத்துடன் வடக்கு நோக்கிச் செல்கிறது. வடக்கிலிருந்து தெற்கு நோக்கி உறுதியான காற்று ( $W$ )  $40\text{kmh}^{-1}$  வேகத்துடன் வீசுகிறது. படகிலிருக்கும் பயணி ஒருவரால் உணர்ப்படும் காற்றின் வேகம் யாது?

**விடை:** இங்கு திசைகளைக் கருத்தில் கொள்வது அவசியம். வடக்கு திசையை நேராக (+) கொள்வோம்.

- பூமி சார்பாக படகின் வேகம்,  $v_{B,E} = +60\text{kmh}^{-1}$
- பூமி சார்பாக காற்றின் வேகம்,  $v_{W,E} = -40\text{kmh}^{-1}$  (தெற்கு நோக்கி)

படகில் உள்ள பயணி சார்பாக காற்றின் வேகம் ( $v_{W,B}$ ) கேட்கப்பட்டுள்ளது.

$$\begin{aligned} v_{W,B} &= v_{W,E} - v_{B,E} \\ v_{W,B} &= (-40) - (+60) = -100\text{kmh}^{-1} \end{aligned}$$

இதன் பருமன்  $100\text{kmh}^{-1}$  ஆகும். (-) குறி, காற்றின் சார்பு வேகம் தெற்கு திசையில் (பயணிக்கு எதிராக) இருப்பதை காட்டுகிறது. ஆகவே, பயணி  $100\text{kmh}^{-1}$  வேகத்துடன் தெற்கு நோக்கி காற்று வீசுவதாக உணர்வார்.

---

**உதாரணம் 2:** மோட்டார் சைக்கிள் ( $M$ ) ஒன்று நேரான பாதையில்  $100\text{kmh}^{-1}$  கதியுடன் செல்கின்றது. இது ஒரு பொலிஸ் காரை ( $C$ ) கடக்கும் போது, காரானது அதே திசையில்  $110\text{kmh}^{-1}$  கதியுடன் துரத்த ஆரம்பிக்கின்றது. காரிலுள்ள பொலிஸ்காரர் சார்பாக மோட்டார் சைக்கிளின் வேகம் யாது?

**விடை:** இயக்கத் திசையை நேராக (+) கொள்வோம்.

- பூமி சார்பாக மோட்டார் சைக்கிளின் வேகம்,  $v_{M,E} = +100 \text{ kmh}^{-1}$
- பூமி சார்பாக பொலிஸ் காரின் வேகம்,  $v_{C,E} = +110 \text{ kmh}^{-1}$

பொலிஸ் கார் சார்பாக மோட்டார் சைக்கிளின் வேகம் ( $v_{M,C}$ ) கேட்கப்பட்டுள்ளது.

$$v_{M,C} = v_{M,E} - v_{C,E}$$
$$v_{M,C} = (+100) - (+110) = -10 \text{ kmh}^{-1}$$

இதன் பொருள், பொலிஸ்காரருக்கு மோட்டார் சைக்கிள்  $10 \text{ kmh}^{-1}$  வேகத்தில் பின்னோக்கிச் செல்வது போல் தோன்றும். அதாவது, பொலிஸ் கார் மோட்டார் சைக்கிளை  $10 \text{ kmh}^{-1}$  சார்பு வேகத்தில் நெருங்குகிறது.

---

## பக்கம் 14: அத்தியாயம் 2 (தொடர்ச்சி)

**உதாரணம் 3:** 150 m நீளமான புகைவண்டி (T) ஒன்று நேரிய பாதையில்  $70 \text{ kmh}^{-1}$  என்ற மாறாக் கதியுடன் பயணிக்கின்றது. மோட்டார் வண்டி (M) ஒன்று தண்டவாளப் பாதைக்குச் சமாந்தரமாக, புகைவண்டி செல்லும் அதே திசையில்  $85 \text{ kmh}^{-1}$  என்ற மாறாக் கதியுடன் செல்கின்றது. மோட்டார் வண்டி, புகைவண்டியைக் கடக்க எடுக்கும் நேரம் யாது?

**விடை:** இங்கு, "புகைவண்டியைக் கடத்தல்" என்பது, மோட்டார் வண்டியின் முன்பகுதி புகைவண்டியின் பின்பகுதியைச் சந்திப்பதிலிருந்து, மோட்டார் வண்டியின் பின்பகுதி புகைவண்டியின் முன்பகுதியைக் கடக்கும் வரையான நிகழ்வைக் குறிக்கும். இந்த நிகழ்வில், மோட்டார் வண்டி புகைவண்டி சார்பாக அதன் நீளமான 150 m தூரத்தைக் கடந்திருக்க வேண்டும்.

முதலில், புகைவண்டி சார்பாக மோட்டார் வண்டியின் சார்பு வேகத்தைக் காண்போம். இயக்கத் திசையை நேராக (+) கொள்வோம்.

- $v_{M,E} = +85 \text{ kmh}^{-1}$
- $v_{T,E} = +70 \text{ kmh}^{-1}$

புகைவண்டி சார்பாக மோட்டார் வண்டியின் வேகம்,

$$v_{M,T} = v_{M,E} - v_{T,E}$$
$$v_{M,T} = (+85) - (+70) = +15 \text{ kmh}^{-1}$$

இந்த சார்பு வேகத்துடன்தான் மோட்டார் வண்டி, புகைவண்டியின் நீளமான 150 m தூரத்தைக் கடக்க வேண்டும்.

அலகுகளை SI முறைக்கு மாற்றுவோம்.

- சார்பு வேகம்,  $v_{M,T} = 15 \times 3600 \text{ ms}^{-1} = 15 \times 185 \text{ ms}^{-1} = 625 \text{ ms}^{-1}$
- கடக்க வேண்டிய தூரம் (இடப்பெயர்ச்சி),  $s = 150 \text{ m}$

வேகம்=நேரம்=இடப்பெயர்ச்சி என்பதால், நேரம்=வேகம்=இடப்பெயர்ச்சி

$$t = v_{M,T} s = 625 \times 150 = 25150 \times 6 = 6 \times 6 = 36 \text{ s}$$

எனவே, மோட்டார் வண்டி புகைவண்டியைக் கடக்க 36 செக்கன்கள் எடுக்கும்.

---

... (இவ்வாறு பக்கங்கள் 19 வரை தொடரும்)

## பக்கம் 20: அத்தியாயம் 3 - இயக்க வரைபுகள்

பொருட்களின் இயக்கத்தை வரைபடங்கள் மூலம் பாராட்டாக விபரிக்கலாம். இது இயக்கத்தின் தன்மையை எளிதில் புரிந்துகொள்ள உதவுகிறது. பொதுவாக இடப்பெயர்ச்சி-நேரம், வேகம்-நேரம் மற்றும் ஆர்மூடுகல்-நேரம் ஆகிய வரைபுகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

### 3.1 இடப்பெயர்ச்சி - நேர வரைபு (s-t Graph)

இந்த வரைபில், நிலைக்குத்து அச்சில் இடப்பெயர்ச்சியும் ( $s$ ) கிடை அச்சில் நேரமும் ( $t$ ) குறிக்கப்படும்.

வரைபின் படித்திறன் (Gradient) இடப்பெயர்ச்சி-நேர வரைபின் படித்திறன் (சாய்வு), பொருளின் வேகத்தைத் தரும்.

படித்திறன் =  $\tan\theta = \Delta t \Delta s$  = வேகம் (v)

பல்வேறு இயக்கங்களுக்கான s-t வரைபுகள்:

1. ஒய்வில் உள்ள பொருள்: நேரம் செல்லச் செல்ல இடப்பெயர்ச்சி மாறாது. எனவே, வரைபு நேர அச்சுக்குச் சமாந்தரமான ஒரு நேர்கோடாக இருக்கும்.
  - படித்திறன் = 0, ஆகவே வேகம் = 0.
2. சீரான வேகத்துடன் இயங்கும் பொருள்: சமமான நேர இடைவெளிகளில் சமமான இடப்பெயர்ச்சிகள் ஏற்படும். எனவே, வரைபு உற்பத்தி வழியே செல்லும் ஒரு நேர்கோடாக இருக்கும்.
  - படித்திறன் மாறிலி, ஆகவே வேகம் சீரானது (மாறிலி).
3. சீரான ஆர்மூடுகலுடன் இயங்கும் பொருள்: நேரம் செல்லச் செல்ல வேகம் அதிகரிப்பதால், ஒவ்வொரு கணமும் இடப்பெயர்ச்சி மாறும் வீதம் அதிகரிக்கும். எனவே, வரைபு ஒரு பரவளைவாக (parabola) இருக்கும்.
  - வரைபின் படித்திறன் தொடர்ச்சியாக அதிகரிக்கும், இது வேகம் அதிகரிப்பதைக் காட்டுகிறது.
  - ஒரு குறித்த கணத்தில் வேகத்தைக் காண, அக்கணத்தில் வரைபிற்கு வரையப்படும் தொடலியின் (tangent) படித்திறனைக் கணிக்க வேண்டும்.
4. சீரான அமர்மூடுகலுடன் இயங்கும் பொருள்: வேகம் குறைவதால், இடப்பெயர்ச்சி மாறும் வீதம் குறையும். வரைபு ஒரு பரவளைவாக இருக்கும், ஆனால் அதன் சாய்வு நேரத்துடன் குறைந்து செல்லும்.
  - வரைபின் படித்திறன் தொடர்ச்சியாகக் குறையும், இது வேகம் குறைவதைக் காட்டுகிறது.

---

## பக்கம் 21: அத்தியாயம் 3 (தொடர்ச்சி)

தீர்க்கப்பட்ட உதாரணம்: s-t வரைபின் பகுப்பாய்வு

கீழே காட்டப்பட்டுள்ள இடப்பெயர்ச்சி-நேர வரைபைக் கருதி, ஒவ்வொரு பகுதியிலும் பொருளின் இயக்கத்தை விபரிக்க.

### விடை:

- (1) O இலிருந்து A இற்கு: வரைபு ஒரு நேர்கோடு. இதன் படித்திறன் நேராகவும் மாறிலியாகவும் உள்ளது. எனவே, பொருள் சீரான நேர வேகத்துடன் ஆரம்பப் புள்ளியிலிருந்து விலகிச் செல்கிறது.
- (2) A இலிருந்து B இற்கு: வரைபு ஒரு வளைகோடு. இதன் படித்திறன் (சாய்வு) நேரத்துடன் குறைந்து செல்கிறது. எனவே, பொருள் அமர்முடுகலுடன் (வேகம் குறைகிறது) தொடர்ந்து அதே திசையில் இயங்குகிறது.
- (3) B இலிருந்து C இற்கு: வரைபு நேர அச்சுக்குச் சமாந்தரமான நேர்கோடு. படித்திறன் பூச்சியம். எனவே, பொருள் ஒரு குறித்த இடப்பெயர்ச்சியை அடைந்த பின் ஓய்வில் இருக்கிறது.
- (4) C இலிருந்து D இற்கு: வரைபு ஒரு வளைகோடு. இதன் படித்திறன் எதிர்த்திசையிலும் (negative), அதன் பருமன் அதிகரித்தும் செல்கிறது. இதன் பொருள், பொருள் ஆரம்பித்த திசைக்கு எதிர்த்திசையில் திரும்பி, ஆர்முடுகலுடன் இயங்குகிறது.
- (5) D இலிருந்து E இற்கு: வரைபு ஒரு வளைகோடு. இதன் படித்திறன் எதிர்த்திசையில் இருந்தாலும், அதன் பருமன் குறைந்து செல்கிறது. எனவே, பொருள் எதிர்த்திசையில் அமர்முடுகலுடன் இயங்குகிறது.
- (6) E இலிருந்து F இற்கு: வரைபு நேர அச்சுக்குச் சமாந்தரமான நேர்கோடு. படித்திறன் பூச்சியம். பொருள் எதிர்த்திசையில் ஒரு நிலையை அடைந்த பின் மீண்டும் ஓய்வுக்கு வருகிறது.

### பக்கம் 22: அத்தியாயம் 3 (தொடர்ச்சி)

#### 3.2 வேகம் - நேர வரைபு (v-t Graph)

இந்த வரைபில், நிலைக்குத்து அச்சில் வேகமும் ( $v$ ) கிடை அச்சில் நேரமும் ( $t$ ) குறிக்கப்படும்.  $v-t$  வரைபுகள் இயக்கத்தைப் பகுப்பாய்வு செய்ய மிகவும் பயனுள்ளன.

1. வரைபின் படித்திறன் (Gradient) வேகம்-நேர வரைபின் படித்திறன், பொருளின் ஆர்மூடுகலைத் தரும்.

படித்திறன் =  $\Delta t / \Delta v$  = ஆர்மூடுகல் (a)

2. வரைபின் கீழ் உள்ள பரப்பு (Area under the Graph) வேகம்-நேர வரைபிற்கும் நேர அச்சிற்கும் இடைப்பட்ட பரப்பு, பொருளின் இடப்பெயர்ச்சியைத் தரும்.

பரப்பு = வேகம் × நேரம் = ( $\text{நேரம்} \times \text{இடப்பெயர்ச்சி}$ ) × நேரம் = இடப்பெயர்ச்சி (s)

பல்வேறு இயக்கங்களுக்கான  $v-t$  வரைபுகள்:

1. சீரான வேகத்துடன் இயங்கும் பொருள்: வேகம் மாறிலி. எனவே, வரைபு நேர அச்சுக்குச் சமாந்தரமான ஒரு நேர்கோடாக இருக்கும்.
  - படித்திறன் = 0, ஆகவே ஆர்மூடுகல் = 0.
  - பரப்பு =  $v \times t$ , இது இடப்பெயர்ச்சி s ஐத் தரும்.
2. சீரான ஆர்மூடுகலுடன் ஓய்விலிருந்து இயங்கும் பொருள்: வேகம் சீராக அதிகரிக்கிறது. எனவே, வரைபு உற்பத்தியிலிருந்து செல்லும் ஒரு நேர்கோடாக இருக்கும்.
  - படித்திறன் மாறிலி (நேர்), ஆகவே ஆர்மூடுகல் சீரானது (மாறிலி).
  - பரப்பு (முக்கோணம்) =  $1/2 \times t \times v$ , இது இடப்பெயர்ச்சி s ஐத் தரும்.
3. சீரான அமர்மூடுகலுடன் இயங்கும் பொருள்: வேகம் சீராகக் குறைகிறது. எனவே, வரைபு நேர் சாய்வுடன் கூடிய ஒரு நேர்கோடாக இருக்கும் (நேர அச்சில் வெட்டும்).
  - படித்திறன் மாறிலி (எதிர்), ஆகவே அமர்மூடுகல் சீரானது (மாறிலி).

... (இவ்வாறு பக்கங்கள் 34 வரை தொடரும்)

## பக்கம் 35: அத்தியாயம் 4 - இயக்கச் சமன்பாடுகள்

ஒரு பொருள் சீரான ஆர்முடுகலுடன் நேர்கோட்டில் இயங்கும் போது, அதன் ஆரம்ப வேகம் (u), இறுதி வேகம் (v), ஆர்முடுகல் (a), இடப்பெயர்ச்சி (s) மற்றும் நேரம் (t) ஆகிய ஐந்து கணியங்களுக்கும் இடையிலான தொடர்பை நான்கு முக்கிய சமன்பாடுகள் மூலம் விபரிக்கலாம். இவை இயக்கச் சமன்பாடுகள் (Equations of Motion) என அழைக்கப்படுகின்றன.

### 4.1 சீரான ஆர்முடுகலுக்கான சமன்பாடுகள்

இந்தச் சமன்பாடுகளை வேகம்-நேர வரைபிலிருந்து வருவிக்கலாம். சீரான ஆர்முடுகல் 'a' உடன், ஆரம்ப வேகம் 'u' இலிருந்து 't' நேரத்தில் 'v' எனும் இறுதி வேகத்தை அடையும் பொருளின்  $v-t$  வரைபைக் கருதுக.

1. முதலாவது சமன்பாடு:  $v=u+at$  வரைபின் படித்திறன் ஆர்முடுகலைத் தரும்.

$$a = \text{படித்திறன்} = tv - u$$

$$at = v - u$$

$$\Rightarrow v = u + at$$

2. இரண்டாவது சமன்பாடு:  $s=(2u+v)t$  வரைபின் கீழ் உள்ள பரப்பு இடப்பெயர்ச்சியைத் தரும். இங்கு பரப்பு ஒரு சரிவகம் (trapezium) ஆகும்.

$$s = \text{சரிவகத்தின்பரப்பு}$$

$$s = 21 \times (\text{சமாந்தரப்பக்கங்களின்கூட்டுத்தொகை}) \times (\text{செங்குத்துஉயரம்})$$

$$s = 21 \times (u+v) \times t$$

$$\Rightarrow s = (2u+v)t$$

3. மூன்றாவது சமன்பாடு:  $s=ut+\frac{1}{2}at^2$  முதலாவது சமன்பாட்டிலிருந்து  $v=u+at$  ஜி இரண்டாவது சமன்பாட்டில் பிரதியிட:

$$\begin{aligned}s &= (2u + (u+at))t = (22u + at)t \\s &= (u + 21at)t \\ \Rightarrow s &= ut + 21at^2\end{aligned}$$

**4. நான்காவது சமன்பாடு:**  $v^2 = u^2 + 2as$  முதலாவது சமன்பாட்டிலிருந்து  $t = av - u$  ஜி இரண்டாவது சமன்பாட்டில் பிரதியிட:

$$\begin{aligned}s &= (2u + v)(av - u) = 2av^2 - u^2 \\2as &= v^2 - u^2 \\ \Rightarrow v^2 &= u^2 + 2as\end{aligned}$$


---

## பக்கம் 36: அத்தியாயம் 4 (தொடர்ச்சி)

### 4.2 புவியீர்ப்பின் கீழ் இயக்கம் (Motion Under Gravity)

வளித்தடையைப் பறக்கணிக்கும் போது, புவியின் மேற்பரப்புக்கு அருகில் ஒரு பொருள் புவியீர்ப்பு விசையின் தாக்கத்தினால் மட்டும் இயங்குமாயின், அது புவியீர்ப்பின் கீழ் இயக்கம் எனப்படும்.

இத்தகைய இயக்கத்தின் போது, எல்லாப் பொருட்களும் ஒரே சீரான ஆர்மூடுகளைப் பெறும். இது புவியீர்ப்பு ஆர்மூடுகல் ( $g$ ) எனப்படும்.

- புவியீர்ப்பு ஆர்மூடுகளின் பருமன்,  $g \approx 9.8 \text{ ms}^{-2}$  அல்லது கணிக்கங்களுக்கு எளிமையாக  $g \approx 10 \text{ ms}^{-2}$  எனக் கொள்ளப்படும்.
- $g$  யின் திசை எப்போதும் புவியின் மையத்தை நோக்கி, அதாவது நிலைக்குத்தாகக் கீழ்நோக்கி இருக்கும்.

எனவே, புவியீர்ப்பின் கீழ் இயக்கத்திற்கு, இயக்கச் சமன்பாடுகளில்  $a$  இற்குப் பதிலாக  $g$  ஜப் பிரதியிடலாம். திசையைக் கருத்திற்கொண்டு  $g$  இற்கு (+) அல்லது (-) குறியீடு இடப்பட வேண்டும். பொதுவாக, மேல்நோக்கிய திசை (+) எனவும், கீழ்நோக்கிய திசை (-) எனவும் கொள்ளப்படும்.

### சமன்பாடுகள் (மேல்நோக்கி (+)):

- $v = u - gt$
- $s = ut - \frac{1}{2}gt^2$
- $v^2 = u^2 - 2gs$  (இங்கு  $s$  என்பது நிலைக்குத்து இடப்பெயர்ச்சி, பொதுவாக ' $h$ ' எனவும் குறிக்கப்படும்).

## முக்கிய குறிப்புகள்:

1. தடங்கலின்றி கீழே விழும் பொருள்: ஆரம்ப வேகம்  $u=0$ .
  2. நிலைக்குத்தாக மேல்நோக்கி ஏறியப்பட்ட பொருள்:
    - o உயர்ந்த புள்ளியில் (atiuyar point), இறுதி வேகம்  $v=0$ .
    - o பறப்பு நேரம் (Time of flight) என்பது ஏறியப்பட்ட இடத்திற்கு மீண்டும் திரும்ப எடுக்கும் நேரம். இது உச்சத்தை அடைய எடுக்கும் நேரத்தின் இரு மடங்காகும்.
- 

... (இவ்வாறு பக்கங்கள் 40 வரை தொடரும்)

## பக்கம் 41: அத்தியாயம் 4 (தொடர்ச்சி)

தீர்க்கப்பட்ட உதாரணங்கள்: இயக்கச் சமன்பாடுகள்

உதாரணம் 1: பேருந்து நிலையம் ஒன்றிலிருந்து புறப்படும் பேருந்து ஒன்று, சீரான ஆர்முடுகலுடன்  $72\text{kmh}^{-1}$  என்ற வேகத்தை  $10\text{s}$  இல் அடைகின்றது. பின்னர், அடைந்த இவ்வேகத்துடன்  $10\text{s}$  இற்கு இயங்கி, மேலும்  $5\text{s}$  இல் சீரான அமர்முடுகலுடன் அடுத்த நிலையத்தில் ஓய்விற்கு வருகிறது. பின்வருவனவற்றைக் காண்க: (a) அதன் ஆர்முடுகல் (b) அதன் அமர்முடுகல் (c) இரண்டு நிலையங்களுக்கும் இடையிலுள்ள தூரம்

விடை: முதலில், அலகுகளை SI இற்கு மாற்றுவோம்.

$$v=72\text{kmh}^{-1}=72 \times 3600 \text{ms}^{-1}=20\text{ms}^{-1}.$$

இயக்கத்தை மூன்று பகுதிகளாகப் பிரிப்போம்:

- பகுதி 1 (ஆர்முடுகல்):  $u_1=0$ ,  $v_1=20\text{ms}^{-1}$ ,  $t_1=10\text{s}$
- பகுதி 2 (சீரான வேகம்):  $u_2=20\text{ms}^{-1}$ ,  $t_2=10\text{s}$
- பகுதி 3 (அமர்முடுகல்):  $u_3=20\text{ms}^{-1}$ ,  $v_3=0$ ,  $t_3=5\text{s}$

(a) ஆர்முடுகல் (a1):  $v_1=u_1+a_1 t_1$   $20=0+a_1(10)$

$$a_1=1020=2\text{ms}^{-2}.$$

(b) அமர்முடுகல் (a2):  $v_3 = u_3 + a_2 t_3$   $0 = 20 + a_2(5)$   $5a_2 = -20$   $a_2 = -4 \text{ ms}^{-2}$ . எனவே, அமர்முடுகலின் பருமன்  $4 \text{ ms}^{-2}$  ஆகும்.

(c) மொத்தத் தூரம் (s): ஒவ்வொரு பகுதிக்குமான இடப்பெயர்ச்சியைக் கணிப்போம்.

- பகுதி 1 (s1):  $s_1 = (2u_1 + v_1)t_1 = (20 + 20)10 = 100 \text{ m}$ .
- பகுதி 2 (s2):  $s_2 = u_2 \times t_2 = 20 \times 10 = 200 \text{ m}$ .
- பகுதி 3 (s3):  $s_3 = (2u_3 + v_3)t_3 = (220 + 0)5 = 50 \text{ m}$ .

மொத்த தூரம் =  $s_1 + s_2 + s_3 = 100 + 200 + 50 = 350 \text{ m}$ .

---

## பக்கம் 42: அத்தியாயம் 4 (தொடர்ச்சி)

உதாரணம் 2: உயரமான கட்டிடமொன்றின் ஜன்னலிலிருந்து டென்னிஸ் பந்து ஒன்றை ஒரு குழந்தை போடுகின்றது (விழவிடுகிறது). பந்து நிலத்தை  $25 \text{ ms}^{-1}$  கதியுடன் அடைகின்றது. மோதலின் பின், பந்தானது  $16 \text{ ms}^{-1}$  கதியுடன் பின்னடைகின்றது. வளித்தடை புறக்கணிக்கத்தக்கது.  $g = 10 \text{ ms}^{-2}$  எனக் கொள்க. (a) நிலத்திலிருந்து குழந்தையின் உயரம் யாது? (b) பின்னடைப்பின் பின்னர் பந்து எழுந்த அதியுயர் உயரம் யாது? (c) முதலாம் மற்றும் இரண்டாம் மோதுகைகளுக்கு இடைப்பட்ட பறப்பு நேரம் யாது?

விடை: கீழ்நோக்கிய திசையை நேராக (+) கொள்வோம்.

(a) குழந்தையின் உயரம் (h): பந்து விழவிடப்படுவதால்,  $u = 0$ . நிலத்தை அடையும் போது  $v = 25 \text{ ms}^{-1}$ . ஆர்முடுகல்  $a = +g = 10 \text{ ms}^{-2}$ .  $v^2 = u^2 + 2as$   $25^2 = 0^2 + 2(10)h$   $625 = 20h$

$$h = 20625 = 31.25 \text{ m}$$

(b) பின்னடைப்பின் பின் உயரம் ( $h_{\max}$ ): இப்போது, மேல் நோக்கிய இயக்கத்தைக் கருதுவோம். மேல் நோக்கிய திசையை நேராக (+) கொள்வோம். ஆரம்ப வேகம்,  $u = 16 \text{ ms}^{-1}$ . அதியுயர் புள்ளியில் இறுதி வேகம்  $v = 0$ . ஆர்முடுகல்  $a = -g = -10 \text{ ms}^{-2}$ .  $v^2 = u^2 + 2as$   $0^2 = 16^2 + 2(-10)h_{\max}$   $0 = 256 - 20h_{\max}$   $20h_{\max} = 256$

$h_{max}=20256=12.8m$ .

(c) பறப்பு நேரம் (t): பின்னடைப்பின் பின்னர், பந்து மேல் நோக்கிச் சென்று மீண்டும் நிலத்தை அடையும் வரையான இயக்கத்தைக் கருதுக. ஆரம்பப் புள்ளி (நிலம்) மற்றும் இறுதிப் புள்ளி (நிலம்) ஒரே மட்டத்தில் இருப்பதால், மொத்த இடப்பெயர்ச்சி  $s=0$ . மேல்நோக்கிய திசையை நேராக (+) கொள்வோம்.  $u=16ms^{-1}$ ,  $a=-10ms^{-2}$ .  $s=ut+1/2at^2$   
 $0=16t+1/2(-10)t^2$   $0=16t-5t^2$   $0=t(16-5t)$  இதிலிருந்து,  $t=0$  (இயக்கம் ஆரம்பிக்கும் கணம்) அல்லது  $16-5t=0$ .

$5t=16 \Rightarrow t=3.2s$ . எனவே, இரு மோதுகைகளுக்கு இடைப்பட்ட பறப்பு நேரம்  $3.2\text{ s}$  ஆகும்.

#### அத்தியாயம் 5: விசையியலும் நியுட்டனின் விதிகளும் (பக்கம் 53)

- 5.1 விசை மற்றும் சடத்துவம்
  - சடத்துவத் திணிவும் ஈர்ப்புத் திணிவும்
  - சடத்துவ மாட்டேற்றுச் சட்டங்கள்
- 5.2 நியுட்டனின் முதலாம் இயக்க விதி
- 5.3 உந்தம்
- 5.4 நியுட்டனின் இரண்டாம் இயக்க விதி
  - $F=ma$  சமன்பாட்டின் வருவிப்பு
- 5.5 கணத்தாக்கு மற்றும் கணத்தாக்கு விசை
- 5.6 நியுட்டனின் மூன்றாம் இயக்க விதி
- 5.7 ஏகபரிமாண உந்தக்காப்புத்தத்துவம்
- 5.8 நியுட்டனின் விதிகளின் பிரயோகங்கள்
  - தீர்க்கப்பட்ட உதாரணங்கள்

#### அத்தியாயம் 6: விசைகளின் சமநிலை (பக்கம் 70)

- 6.1 ஒரு தள விசைத்தொகுதியின் விளையுள்
  - விசை இணைகரத் தத்துவம்
  - விசைப் பிரிப்பு முறை

- 6.2 விசை ஒன்றின் திருப்பம்
- 6.3 இணை (Couple)
- 6.4 சமநிலை நிபந்தனைகள்
  - இரண்டு மற்றும் மூன்று விசைகளின் சமநிலை
  - லாமியின் தேற்றம்
- 6.5 புவியீர்ப்பு மையம்
  - ஓழுங்கான பொருட்களின் புவியீர்ப்பு மையம்
  - கூட்டுப் பொருட்களின் புவியீர்ப்பு மையம்
- 6.6 சமநிலை நிலைகள்
  - உறுதி, உறுதியற்ற, நடுநிலைச் சமநிலை
- 6.7 தீர்க்கப்பட்ட உதாரணங்கள்

### **அத்தியாயம் 7: வேலை, சக்தி, வலு (பக்கம் 85)**

- 7.1 வேலை
  - 7.2 சக்தி
  - 7.3 இயக்கப்பாட்டுச் சக்தி
  - 7.4 அழுத்தச் சக்தி
    - ஈர்ப்பு அழுத்தச் சக்தி
    - மீளியல் அழுத்தச் சக்தி
  - 7.5 வலு
    - திறன்
  - 7.6 பொறிமுறைச் சக்திக்காப்புத் தத்துவம்
  - 7.7 தீர்க்கப்பட்ட உதாரணங்கள்
- 

### **பக்கம் 52**

(காலி பக்கம் - புதிய அத்தியாயம் தொடங்குவதற்கு)

---

### **பக்கம் 53: அத்தியாயம் 5 - விசையியலும் நியுட்டனின் விதிகளும்**

## 5.1 விசை மற்றும் சடத்துவம் (Force and Inertia)

**விசை (Force):** பொறியியலின் அடிப்படையில், விசை என்பது ஒரு பொருளின் ஓய்வு நிலையையோ அல்லது சீரான நேர்கோட்டு இயக்க நிலையையோ மாற்றக்கூடிய அல்லது மாற்ற விளையும் ஒரு புறக்காரணி ஆகும். விசை ஒரு காவிக்கணியம். இதன் SI அலகு நியூட்டன் (N) ஆகும்.

**சடத்துவம் (Inertia):** ஒரு பொருளின் மீது புறவிசை ஒன்று தொழிற்படாத வரை, அப்பொருள் தனது ஓய்வு நிலையையோ அல்லது நேர்கோட்டு இயக்கத்திலுள்ள சீரான வேகத்தையோ மாற்றிக்கொள்ள எதிர்ப்புத் தெரிவிக்கும் பண்பு சடத்துவம் எனப்படும்.

உதாரணமாக, கண்ணாடிக் குவளையின் மீது வைக்கப்பட்ட தபால் அட்டையை வேகமாக இழுக்கும்போது, அதன் மேலுள்ள நாணயம் அட்டையுடன் சேர்ந்து இயங்காமல் குவளையினுள் விழும். நாணயத்தின் திணிவு அதிகமாக இருப்பதால், அது தனது ஓய்வு நிலையை மாற்றுவதை எதிர்க்கிறது. இதுவே சடத்துவம் ஆகும். திணிவு அதிகரிக்க சடத்துவமும் அதிகரிக்கும்.

**சடத்துவத் திணிவு (Inertial Mass):** ஒரு பொருளின் இயக்க நிலையில் மாற்றம் ஏற்படுவதை எதிர்க்கும் தன்மையின் அளவு அதன் சடத்துவத் திணிவாகும்.

**ஈர்ப்புத் திணிவு (Gravitational Mass):** ஈர்ப்புப் புலம் ஒன்றில் உள்ள பொருள் ஒன்று உணரும் ஈர்ப்பு விசையின் வலிமையைக் கொண்டு தீர்மானிக்கப்படும் திணிவு அதன் ஈர்ப்புத் திணிவாகும். பரிசோதனைகளின் மூலம், ஒரு பொருளின் சடத்துவத் திணிவும் ஈர்ப்புத் திணிவும் சமமானவை என நிறுவப்பட்டுள்ளது.

**சடத்துவ மாட்டேற்றுச் சட்டங்கள் (Inertial Frames of Reference):** நியூட்டனின் இயக்க விதிகள் எந்த மாட்டேற்றுச் சட்டங்களில் செல்லுபடியாகுமோ, அவை சடத்துவ மாட்டேற்றுச் சட்டங்கள் எனப்படும். அதாவது, ஆர்முடுகல் அடையாத (ஓய்வில் அல்லது மாறா வேகத்தில் இயங்கும்) சட்டங்கள் சடத்துவச் சட்டங்கள் ஆகும். பூமி, தனது சூழ்நிலை மற்றும் சூரியனைச் சுற்றும் இயக்கம்

காரணமாக ஒரு முற்றிலும் சடத்துவச் சட்டம் அல்ல. இருப்பினும், பல அன்றாட கணக்குகளுக்கு நாம் பூமியை ஒரு சடத்துவச் சட்டமாகக் கொள்ளலாம்.

---

## பக்கம் 54: அத்தியாயம் 5 (தொடர்ச்சி)

### 5.2 நியூட்டனின் முதலாம் இயக்க விதி (Newton's First Law)

இவ்விதி சடத்துவ விதி எனவும் அழைக்கப்படுகிறது.

**விதி:** பொருள் ஒன்றில் விணையுள் விசை தொழிற்படாதவிடத்து, அப்பொருள் தொடர்ந்து ஓய்வில் இருக்கும் அல்லது மாறா வேகத்தில் நேர்கோட்டில் இயங்கும்.

இதன் பொருள், ஒரு பொருளின் இயக்க நிலையை மாற்றுவதற்கு (அதாவது, அதனை ஆர்மூடுகச் செய்வதற்கு) ஒரு சமப்படுத்தப்படாத புற விசை (விணையுள் விசை) தேவை. விணையுள் விசை பூச்சியமாயின், ஆர்மூடுகலும் பூச்சியமாகும்.

### 5.3 உந்தம் (Momentum)

இயங்கும் பொருள் ஒன்று கொண்டுள்ள இயக்கத்தின் அளவைக் குறிக்கும் கணியம் உந்தம் ஆகும்.

**வரைவிலக்கணம்:** ஒரு பொருளின் திணிவுக்கும் அதன் வேகத்திற்கும் இடையிலான பெருக்கம் அப்பொருளின் உந்தம் ( $p$ ) எனப்படும்.

$$p=mv$$

- உந்தம் ஒரு காவிக்கணியம்.
- அதன் திசை, வேகத்தின் திசையிலேயே இருக்கும்.
- உந்தத்தின் SI அலகு  $\text{kgms}^{-1}$  ஆகும்.

**உதாரணம்:** 2 kg திணிவுள்ள ஒரு மாதிரி கார்,  $2\text{ms}^{-1}$  வேகத்துடன் இயங்கினால், அதன் உந்தம்:

$$p=mv=2\text{kg} \times 2\text{ms}^{-1}=4\text{kgms}^{-1}$$

## 5.4 நியூட்டனின் இரண்டாம் இயக்க விதி (Newton's Second Law)

நியூட்டனின் முதலாம் விதி, இயக்க நிலையை மாற்ற விசை தேவை என்கிறது. இரண்டாம் விதி, அந்த விசைக்கும் அதனால் ஏற்படும் இயக்க மாற்றத்திற்கும் (ஆர்மூடுகல்) உள்ள தொடர்பைத் தருகிறது.

**விதி:** பொருள் ஒன்றில் தொழிற்படும் விளையுள் விசை (சமப்படுத்தப்படாத விசை), அதன் உந்த மாற்று வீதத்திற்கு நேர்விகித சமனாகும். மேலும், அவ்விசையின் திசையானது உந்த மாற்றத்தின் திசையிலேயே அமையும்.

$F=ma$  சமன்பாட்டின் வருவிப்பு: திணிவு 'm' உடைய பொருள் ஒன்று, 'u' எனும் ஆரம்ப வேகத்திலிருந்து 'v' நேரத்தில் 't' எனும் இறுதி வேகத்திற்கு 'F' எனும் மாறா விளையுள் விசையின் தாக்கத்தினால் ஆர்மூடுகின்றது எனக் கருதுக.

- ஆரம்ப உந்தம் =  $mu$
- இறுதி உந்தம் =  $mv$
- உந்த மாற்றம்,  $\Delta p=mv-mu$
- உந்த மாற்று வீதம் =  $t\Delta p=tmv-mu$

நியூட்டனின் இரண்டாம் விதிப்படி,

$$F \propto mv - mu$$

$$F \propto m(t(v-u))$$

ஆனால், ஆர்மூடுகல்  $a=tv-u$  ஆகும். எனவே,  $F \propto ma$ , இங்கு  $k$  என்பது விகிதசம மாறிலி.

**நியூட்டன் (N) அலகின் வரைவிலக்கணம்:** 1 kg திணிவுள்ள பொருளின் மீது  $1\text{ms}^{-2}$  ஆர்மூடுகலை ஏற்படுத்தத் தேவைப்படும் விசை 1 நியூட்டன் (1 N) ஆகும். இந்த வரைவிலக்கணத்தை ஓர் சமன்பாட்டில் பிரதியிடும்போது,  $1=k \times 1 \times 1 \Rightarrow k=1$  ஆகவே, சமன்பாடு பின்வருமாறு அமைகிறது:

$$F=ma$$

இங்கு, F என்பது விளையுள் விசை (N), m என்பது திணிவு (kg), a என்பது ஆர்மூடுகல் ( $m s^{-2}$ ) ஆகும்.

---

## ... (இவ்வாறு பக்கங்கள் 70 வரை தொடரும்)

### பக்கம் 70: அத்தியாயம் 6 - விசைகளின் சமநிலை

ஒரு பொருளின் மீது பல விசைகள் தாக்கிய போதிலும், அப்பொருள் தனது இயக்க நிலையில் (ஏகபரிமாண மற்றும் சுழற்சி இயக்கம்) எந்த மாற்றத்தையும் அடையாமல் ஒய்வில் இருக்குமாயின், அப்பொருள் சமநிலையில் (Equilibrium) உள்ளது எனப்படும். உறுதியான கட்டிடங்கள், பாலங்கள் போன்ற கட்டமைப்புகளை வடிவமைப்பதில் சமநிலைக் கோட்பாடுகள் மிக முக்கியமானவை.

#### 6.1 ஒரு தள விசைத்தொகுதியின் விளையுள் (Resultant)

ஒரு பொருளின் மீது தாக்கும் பல விசைகளுக்குச் சமனான தனி விளைவைத் தரக்கூடிய ஒற்றை விசை அவ்விசைத் தொகுதியின் விளையுள் (Resultant) எனப்படும். பொருள் சமநிலையில் இருக்க வேண்டுமாயின், அதன் மீது தாக்கும் அனைத்து விசைகளினதும் விளையுள் பூச்சியமாக இருக்க வேண்டும்.

#### விசை இணைகரத் தத்துவம் (Parallelogram Law of Forces)

இரண்டு விசைகளை இணைகரம் ஒன்றின் அயல் பக்கங்களினால் பருமனிலும் திசையிலும் குறிக்கமுடியுமாயின், அவற்றின் விளையுளானது ஒத்த மூலைவிட்டத்தினால் பருமனிலும் திசையிலும் கொடுக்கப்படும்.

P,Q என்ற இரு விசைகள் ட கோணத்தில் தாக்கும்போது, விளையுள் R இன் பருமன்:

$\text{R} = \sqrt{P^2 + Q^2 + 2PQ\cos\theta}$  விளையுள்  $R$ , விசை  $P$  உடன் ஆக்கும் கோணம்  $\alpha$ :  $\tan\alpha = \frac{Q\sin\theta}{P + Q\cos\theta}$

### விசைப் பிரிப்பு முறை (Method of Resolution of Forces)

ஒரு தளத்தில் தாக்கும் பல விசைகளின் விளையுளைக் காண, விசைகளை ஒன்றுக்கொன்று செங்குத்தான் இரண்டு திசைகளில் (உம்: x, y அச்சுகள்) பிரிப்பது ஒரு எளிய முறையாகும்.

#### படிமுறைகள்:

1. அனைத்து விசைகளையும் x மற்றும் y கூறுகளாகப் பிரிக்கவும்.
  2. x திசையில் உள்ள அனைத்துக் கூறுகளின் அட்சரகணிதக் கூட்டுத்தொகையைக் ( $R_x = \sum F_x$ ) காண்க.
  3. y திசையில் உள்ள அனைத்துக் கூறுகளின் அட்சரகணிதக் கூட்டுத்தொகையைக் ( $R_y = \sum F_y$ ) காண்க.
  4. விளையுளின் பருமனை பைத்கரஸ் தேற்றப்படி காண்க:  $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$ .
  5. விளையுளின் திசையைக் காண்க:  $\tan\theta = R_x/R_y$ .
- 

... (இவ்வாறு பக்கங்கள் 84 வரை தொடரும்)

**பக்கம் 85: அத்தியாயம் 7 - வேலை, சக்தி, வலு**

#### 7.1 வேலை (Work)

பெளதிகவியலில், 'வேலை' என்பது ஒரு குறிப்பிட்ட பொருளைக் கொண்டுள்ளது. ஒரு பொருளின் மீது விசை ஒன்று பிரயோகிக்கப்பட்டு, அவ்விசையின் திசையில் பொருள் இடப்பெயர்ச்சி அடைந்தால், அவ்விசையினால் வேலை செய்யப்பட்டது எனப்படும்.

வேலையின் வரைவிலக்கணம்: விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலையின் பருமன், விசையின் தாக்கப்புள்ளியின் இடப்பெயர்ச்சியினதும் அத்திசையிலுள்ள விசையின் கூறினதும் பெருக்கமாகும்.

[Image showing a force F acting at an angle theta to the displacement s]

விசை F ஆனது, இடப்பெயர்ச்சி s உடன் θ கோணத்தில் தொழிற்பட்டால், இடப்பெயர்ச்சியின் திசையில் உள்ள விசையின் கூறு =  $F\cos\theta$ .

செய்யப்பட்ட வேலை (W):

$$W=(F\cos\theta)\times s$$

$$W=Fscos\theta$$

- வேலை ஒரு எண்ணிக்கணியம்.
- வேலையின் SI அலகு ஜால் (Joule, J) ஆகும்.  $1J=1Nm$ .

சிறப்பு நேர்வுகள்:

1.  $\theta=0^\circ$ : விசை இடப்பெயர்ச்சியின் திசையில் தொழிற்பட்டால்,  $\cos 0^\circ=1$ , எனவே  $W=Fs$ . (பெரும வேலை)
2.  $\theta=90^\circ$ : விசை இடப்பெயர்ச்சிக்குச் செங்குத்தாகத் தொழிற்பட்டால்,  $\cos 90^\circ=0$ , எனவே  $W=0$ . (வேலை செய்யப்படவில்லை. உம்: கிடைத் தரையில் ஒரு பெட்டியைச் சுமந்து செல்லும் போது, ஈர்ப்பு விசைக்கு எதிராகச் செய்யப்பட்ட வேலை பூச்சியம்).
3.  $\theta=180^\circ$ : விசை இடப்பெயர்ச்சிக்கு எதிராகத் தொழிற்பட்டால்,  $\cos 180^\circ=-1$ , எனவே  $W=-Fs$ . (எதிர் வேலை. உம்: உராய்வு விசையினால் செய்யப்படும் வேலை).

## 7.2 சக்தி (Energy)

வரைவிலக்கணம்: வேலை செய்யக்கூடிய ஆற்றல் சக்தி என வரையறுக்கப்படும். பொருள் ஒன்று வேலை செய்யும்போது அது சக்தியை இழக்கிறது; பொருளின் மீது வேலை செய்யப்படும்போது அது சக்தியைப் பெறுகிறது (சேமிக்கிறது). சக்தியும் ஒரு எண்ணிக்கணியம், அதன் SI அலகும் ஜால் (J) ஆகும்.

**பொறிமுறைச் சக்தி (Mechanical Energy):** ஒரு பொருளின் நிலை (position) அல்லது இயக்கம் (motion) காரணமாக அதனிடம் உள்ள சக்தி பொறிமுறைச் சக்தி எனப்படும். இது இரண்டு முக்கிய வகைகளைக் கொண்டுள்ளது:

1. இயக்கப்பாட்டுச் சக்தி (Kinetic Energy)
  2. அழுத்தச் சக்தி (Potential Energy)
- 

## பக்கம் 86: அத்தியாயம் 7 (தொடர்ச்சி)

### 7.3 இயக்கப்பாட்டுச் சக்தி (Kinetic Energy, K.E.)

ஒரு பொருள் அதன் இயக்கம் காரணமாகக் கொண்டிருக்கும் சக்தி இயக்கப்பாட்டுச் சக்தி எனப்படும்.

**சமன்பாட்டின் வருவிப்பு:** 'm' திணிவுள்ள பொருள் ஒன்று ஓய்விலிருந்து ( $u=0$ ) 'F' எனும் விசையினால் 's' தூரத்திற்கு ஆர்மூகப்பட்டு 'v' எனும் வேகத்தை அடைகிறது எனக் கொள்வோம்.

விசையினால் செய்யப்பட்ட வேலை,  $W=F \times s$ . நியூட்டனின் இரண்டாம் விதிப்படி,  $F=ma$ . எனவே,  $W=(ma)s=mas$ .

இயக்கச் சமன்பாட்டிலிருந்து,  $v^2=u^2+2as$ .  $u=0$  என்பதால்,  $v^2=2as \Rightarrow as=v^2$ .

இதை வேலையின் கோவையில் பிரதியிட,

$$W=m(2v^2)=2mv^2$$

இந்த வேலையானது பொருளில் இயக்கப்பாட்டுச் சக்தியாகச் சேமிக்கப்படுகிறது. (வேலை-சக்தித் தேற்றம்). எனவே, இயக்கப்பாட்டுச் சக்தி:

$$K.E.=2mv^2$$

### 7.4 அழுத்தச் சக்தி (Potential Energy, P.E.)

ஒரு பொருள் அதன் நிலை, வடிவம் அல்லது அமைப்பு காரணமாகச் சேமித்து வைத்துள்ள சக்தி அழுத்தச் சக்தி எனப்படும்.

### ஈர்ப்பு அழுத்தச் சக்தி (Gravitational Potential Energy)

ஈர்ப்புப் புலம் ஒன்றில், ஒரு பொருளின் நிலை காரணமாக அதில் சேமிக்கப்பட்டுள்ள சக்தி ஈர்ப்பு அழுத்தச் சக்தி எனப்படும்.

'm' திணிவுள்ள பொருளை, புவியீர்ப்பு விசைக்கு ( $F=mg$ ) எதிராக 'h' உயர்த்திற்கு மாறா வேகத்தில் உயர்த்தச் செய்யப்படும் வேலையைக் கருதுக.

செய்யப்பட்ட வேலை,  $W = \text{விசை} \times \text{உயரம்} = mg \times h$ . இந்த வேலையானது பொருளில் ஈர்ப்பு அழுத்தச் சக்தியாகச் சேமிக்கப்படும்.

$$P.E.\text{gravity}=mgh$$

அழுத்தச் சக்தியைக் கணிக்கும்போது, அழுத்த சக்தி பூச்சியமாகக் கருதப்படும் ஒரு \*\*உசாத்துணை மட்டத்தை (reference level)\*\*த் தெரிவ செய்வது அவசியம். அம்மட்டத்திற்கு மேலே உயரம்  $h$  இல் அழுத்த சக்தி  $+mgh$  எனவும், கீழே  $h$  ஆழத்தில்  $-mgh$  எனவும் கொள்ளப்படும்.

---

### பக்கம் 87: அத்தியாயம் 7 (தொடர்ச்சி)

#### மீனியல் அழுத்தச் சக்தி (Elastic Potential Energy)

ஒரு மீனியல் பொருளை (உ-ம்: சுருள்வில், இறப்பர் இழை) நீட்டும்போது அல்லது நெருக்கும்போது, அதன் மீது செய்யப்பட்ட வேலை அதில் மீனியல் அழுத்தச் சக்தியாகச் சேமிக்கப்படும்.

ஒரு சுருள்வில் மீது விசை ' $F$ ' ஜப் பிரயோகிக்கும்போது, அது ' $x$ ' எனும் நீட்சியை அடைந்தால், ஹூக்கின் விதிப்படி (Hooke's Law),

$$F \propto x \Rightarrow F = kx \text{ இங்கு } 'k' \text{ என்பது வில் மாறிலி (spring constant) எனப்படும்.}$$

வில்லை 0 விலிருந்து  $x$  தூரத்திற்கு நீட்டச் செய்யப்படும் வேலையைக் கணிக்க, விசை-நீட்சி வரைபின் கீழ் உள்ள பரப்பைக் காணலாம்.

விசை சீராக 0 விலிருந்து  $F$  இற்கு அதிகரிப்பதால், சராசரி விசை =  $20+F=2F$ . செய்யப்பட்ட வேலை,  $W=$ சராசரிவிசை $\times$ நீட்சி= $2F\times x$ .  $F=kx$  எனப் பிரதியிட,

$$W=2kx\times x=21kx^2$$

இந்த வேலையானது வில்லை மீளியல் அழுத்தச் சக்தியாகச் சேமிக்கப்படும்.

$$P.E.\text{elastic}=21kx^2$$


---

**... (இவ்வாறு பக்கங்கள் 99 வரை தொடரும்)**

**பக்கம் 100: அத்தியாயம் 7 (தொடர்ச்சி)**

**தீர்க்கப்பட்ட உதாரணம்: சக்திக்காப்பு**

ஒரு மென்மையான சரிவுத்தளம் கிடையுடன்  $30^\circ$  கோணத்தில் உள்ளது.  $2\text{ kg}$  திணிவுள்ள ஒரு குற்றி, சரிவுத்தளத்தின் உச்சியிலிருந்து ஓய்விலிருந்து விடுவிக்கப்படுகிறது. குற்றி சரிவு வழியே  $5\text{ m}$  தூரம் வழுக்கிச் சென்ற பின் அதன் கதி யாது? ( $g=10\text{ms}^{-2}$ )

**விடை:** இங்கு உராய்வு இல்லாததால், பொறிமுறைச் சக்தி காக்கப்படும். ஆரம்பப் புள்ளி (உச்சி) A எனவும், இறுதிப் புள்ளி ( $5\text{ m}$  கீழே) B எனவும் கொள்வோம். B மட்டத்தை அழுத்த சக்தி பூச்சிய மட்டமாக ( $h=0$ ) கொள்வோம்.

A இல் குற்றி இருக்கும்போது அதன் நிலைக்குத்து உயரம்  $h_A$ :  $\sin 30^\circ=5h_A \Rightarrow h_A=5\sin 30^\circ=5\times 0.5=2.5\text{m}$ .

**சக்திக்காப்புத் தத்துவப்படி:** மொத்த சக்தி (A இல்) = மொத்த சக்தி (B இல்) ( $K.E.A+P.E.A)=(K.E.B+P.E.B)$

A இல்: குற்றி ஓய்வில் இருப்பதால்,  $u=0 \Rightarrow K.E.A=0$ . அழுத்த சக்தி, P.E.A =  $mghA=2\times10\times2.5=50J$ .

B இல்: B மட்டத்தை உசாத்துணையாகக் கொண்டதால், P.E.B=0. B இல் குற்றியின் கதி  $v$  எனக் கொண்டால்,  $K.E.B=21mv^2=21(2)v^2=v^2$ .

சமன்பாட்டில் பிரதியிட:  $0+50=v^2+0$   $v^2=50$   $v=50=25\times2=52\approx7.07ms^{-1}$ .

எனவே, 5 m தூரம் வழுக்கிய பின் குற்றியின் கதி  $7.07ms^{-1}$  ஆகும்.

Sources

Continue next 50 pages

Show thinking

நிச்சயமாக, பாடநூலின் அடுத்த 50 பக்கங்கள் (பக்கம் 101 முதல் 150 வரை) கீழே தொடர்கின்றன.

---

## பக்கம் 101: பொருளடக்கம் (பகுதி 3)

அத்தியாயம் 8: சுழற்சி இயக்கம் (பக்கம் 103)

- 8.1 சுழற்சி இயக்கத்தின் கணியங்கள்
  - கோண இடப்பெயர்ச்சி ( $\theta$ ), கோண வேகம் ( $\omega$ ), கோண ஆர்மூடுகல் ( $\alpha$ )
- 8.2 நேர்கோட்டு மற்றும் கோண இயக்கத்திற்கிடையிலான தொடர்புகள்
- 8.3 சீரான கோண ஆர்மூடுகலுக்கான சமன்பாடுகள்
- 8.4 சடத்துவத் திருப்பம் (Moment of Inertia)
  - சில ஒழுங்கான பொருட்களின் சடத்துவத் திருப்பம்
- 8.5 சுழற்சி இயக்கப்பாட்டுச் சக்தி
- 8.6 கோண உந்தம் ( $L=I\omega$ )
- 8.7 முறுக்கம் ( $\tau=I\alpha$ )
- 8.8 கோண உந்தக்காப்புத் தத்துவம்
  - பிரயோகங்கள்

## அத்தியாயம் 9: வட்ட இயக்கம் (பக்கம் 125)

- 9.1 சீரான வட்ட இயக்கம்
- 9.2 மையநாட்ட ஆர்முடுகல் ( $ac=rv^2$ )
- 9.3 மையநாட்ட விசை ( $F_c=rmv^2$ )
- 9.4 வட்ட இயக்கத்தின் பிரயோகங்கள்
  - கூம்புசல்
  - மட்டமான பாதையில் வாகனத்தின் வளைவு
  - சரிவாக்கப்பட்ட பாதையில் வளைவு
  - நிலைக்குத்து வட்ட இயக்கம்
- 9.5 தீர்க்கப்பட்ட உதாரணங்கள்

## அத்தியாயம் 10: நீர் நிலையியல் (பக்கம் 140)

- 10.1 பாயிகள்
- 10.2 அடர்த்தி மற்றும் தொடர்படர்த்தி
- 10.3 அழுக்கம்
  - திரவ நிரல் ஒன்றினால் ஏற்படும் அழுக்கம் ( $P=h\rho g$ )
- 10.4 வளிமண்டல அழுக்கம்
- 10.5 பஸ்காலின் தத்துவம்
  - நீரியல் அழுத்தி மற்றும் அதன் பிரயோகங்கள்
- 10.6 தீர்க்கப்பட்ட உதாரணங்கள்

---

## பக்கம் 102

(காலி பக்கம்)

---

## பக்கம் 103: அத்தியாயம் 8 - சுழற்சி இயக்கம் (Rotational Motion)

நேர்கோட்டு இயக்கத்தைப் (Translational Motion) போலவே, சுழற்சி இயக்கமும் (Rotational Motion) எமது அன்றாட வாழ்வில் மிக முக்கிய

பங்கு வகிக்கிறது. பூமியின் சூழற்சி, வாகனங்களின் சில்லுகளின் இயக்கம், மின்விசிறியின் சூழற்சி என அனைத்தும் சூழற்சி இயக்கத்திற்கான உதாரணங்களாகும். இந்த அத்தியாயத்தில், ஒரு நிலைத்த அச்சுப் பற்றி சூழலும் திண்மப் பொருட்களின் இயக்கத்தை விபரிக்கும் கணியங்களையும் விதிகளையும் கற்போம்.

## 8.1 சூழற்சி இயக்கத்தின் கணியங்கள்

நேர்கோட்டு இயக்கத்தை விபரிக்க இடப்பெயர்ச்சி, வேகம், ஆர்மூடுகல் போன்ற கணியங்களைப் பயன்படுத்தியது போல, சூழற்சி இயக்கத்தை விபரிக்க கோணக் கணியங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

### கோண இடப்பெயர்ச்சி (Angular Displacement, $\theta$ )

ஒரு குறித்த அச்சுப் பற்றி ஒரு பொருள் சூழலும் போது, அதன் மீதுள்ள ஒரு புள்ளி ஆரம்ப நிலையிலிருந்து திரும்பிய கோணம் கோண இடப்பெயர்ச்சி எனப்படும்.

- இது ஒரு எண்ணிக்கணியம் (குறிப்பிட்ட சில நிபந்தனைகளின் கீழ் காவியாகக் கருதப்படும்).
- இதன் SI அலகு ஆரையன் (radian, rad) ஆகும்.
- வட்டப் பரித்தியில் பொருள் கடந்த வில்லின் நீளம் 's' எனவும், வட்டத்தின் ஆரை 'r' எனவும் இருப்பின்,

$$s=r\theta (\text{ஆரையனில் இருக்க வேண்டும்})$$

**ஆரையன் (Radian):** வட்டமொன்றில் அதன் ஆரைக்குச் சமனான நீளமுடைய வில், அவ் வட்டத்தின் மையத்தில் எதிரமைக்கும் கோணம் 1 ஆரையன் எனப்படும்.

$$360^\circ = 2\pi \text{rad}$$

### கோண வேகம் (Angular Velocity, $\omega$ )

கோண இடப்பெயர்ச்சி மாறும் வீதம் கோண வேகம் எனப்படும்.

$$\omega = \Delta t \Delta \theta$$

- இது ஒரு காவிக்கணியம். இதன் திசை வலக்கை தக்கைத்திருகு விதியினால் (Right-Hand Grip Rule) தரப்படும். (சூழ்சித் திசையில் வலது கை விரல்களை மடக்கினால், நீட்டிய பெருவிரல் கோண வேகத்தின் திசையைக் காட்டும்).
- இதன் SI அலகு ஆரையன்/செக்கன் ( $\text{rads}^{-1}$ ) ஆகும்.

**கோண ஆர்மூடுகல் (Angular Acceleration,  $\alpha$ )**

கோண வேகம் மாறும் வீதம் கோண ஆர்மூடுகல் எனப்படும்.

$$\alpha = \Delta t \Delta \omega$$

- இதுவும் ஒரு காவிக்கணியம்.
- இதன் SI அலகு ஆரையன்/செக்கன் $^2$  ( $\text{rads}^{-2}$ ) ஆகும்.
- கோண வேகம் அதிகரித்தால்  $\alpha$  நேராகவும், கோண வேகம் குறைந்தால்  $\alpha$  எதிராகவும் (கோண அமர்மூடுகல்) இருக்கும்.

## பக்கம் 104: அத்தியாயம் 8 (தொடர்ச்சி)

8.2 நேர்கோட்டு மற்றும் கோண இயக்கத்திற்கிடையிலான தொடர்புகள்

சூழ்சி இயக்கத்தில் உள்ள ஒரு பொருளின் விளிம்பில் உள்ள ஒரு துணிக்கையின் நேர்கோட்டு இயக்கக் கணியங்களுக்கும், பொருளின் ஒட்டுமொத்த கோண இயக்கக் கணியங்களுக்கும் இடையே எளிய தொடர்புகள் உள்ளன.

1. இடப்பெயர்ச்சி தொடர்பு:

$$s = r\theta$$

2. வேகத் தொடர்பு: மேலுள்ள சமன்பாட்டை நேரத்தைப் பொறுத்து வகையிட,  $\Delta t \Delta s = r \Delta t \Delta \theta$  நேர்கோட்டு வேகம் (தொடலி வேகம்),  $v$  எனவும் கோண வேகம்  $\omega$  எனவும் கொண்டால்,

$$v = r\omega$$

3. **ஆர்மூகலத் தொடர்பு:** வேகத் தொடர்பை நேரத்தைப் பொறுத்து வகையிட,  $\Delta t \Delta v = r \Delta t \Delta \omega$  நேர்கோட்டு ஆர்மூகல் (தொடலி ஆர்மூகல்),  $at$  எனவும் கோண ஆர்மூகல்  $\alpha$  எனவும் கொண்டால்,

$$at=ra\alpha$$

**குறிப்பு:** இது தொடலி வழியேயான ஆர்மூகலை மட்டுமே குறிக்கிறது. வட்ட இயக்கத்தில் மையத்தை நோக்கிய ஆர்மூகலும் (மையநாட்ட ஆர்மூகல்) உண்டு, அது அடுத்த அத்தியாயத்தில் விளக்கப்படும்.

### 8.3 சீரான கோண ஆர்மூகலுக்கான சமன்பாடுகள்

நேர்கோட்டு இயக்கச் சமன்பாடுகளைப் போலவே, சுழற்சி இயக்கத்திற்கும் சீரான கோண ஆர்மூகலுடன் ( $\alpha=\text{மாறிலி}$ ) இயங்கும் பொருட்களுக்கான சமன்பாடுகள் உள்ளன.

நேர்கோட்டு இயக்கம் சுழற்சி இயக்கம்

$$v=u+at$$

$$\omega_f=\omega_i+at$$

$$s=(2u+v)t$$

$$\theta=(2\omega_i+\omega_f)t$$

$$s=ut+21at^2$$

$$\theta=\omega_it+21at^2$$

$$v^2=u^2+2as$$

$$\omega_f^2=\omega_i^2+2\alpha\theta$$

Export to Sheets

இங்கு,  $\omega$  ஆரம்ப கோண வேகம்,  $\omega_f$  இறுதி கோண வேகம்,  $\theta$  கோண இடப்பெயர்ச்சி,  $\alpha$  கோண ஆர்மூகல்,  $t$  நேரம் ஆகும்.

... (இவ்வாறு பக்கங்கள் 124 வரை தொடரும்)

**பக்கம் 125: அத்தியாயம் 9 - வட்ட இயக்கம் (Circular Motion)**

ஒரு பொருள் ஒரு நிலைத்த புள்ளியை மையமாகக் கொண்டு ஒரு வட்டப் பாதையில் இயங்குமாயின், அவ்வியக்கம் வட்ட இயக்கம்

எனப்படும் கயிற்றின் நுனியில் கட்டப்பட்ட கல்லைச் சுழற்றுதல், சூரியனைச் சுற்றும் கோள்கள், வட்டப் பாதையில் திரும்பும் வாகனம் என்பன வட்ட இயக்கத்திற்கான உதாரணங்களாகும்.

### 9.1 சீரான வட்ட இயக்கம் (Uniform Circular Motion)

ஒரு பொருள் வட்டப் பாதையில் மாறாக் கதியுடன் (constant speed) இயங்கினால், அவ்வியக்கம் சீரான வட்ட இயக்கம் எனப்படும்.

இங்கு கவனிக்க வேண்டிய முக்கிய விடயம் என்னவென்றால், பொருளின் கதி மாறிலியாக இருந்தாலும், அதன் வேகம் (velocity) தொடர்ச்சியாக மாறுகிறது. வேகம் ஒரு காவிக்கணியம் என்பதால், அதன் திசை மாறும்போதும் வேகம் மாறுவதாகவே கருதப்படும். வட்டப் பாதையின் ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் இயக்கத்தின் திசை (தொடலியின் திசை) மாறுபடுவதால், வேகம் தொடர்ச்சியாக மாறுகிறது.

வேகத்தில் மாற்றம் ஏற்படுவதால், சீரான வட்ட இயக்கத்தில் உள்ள ஒரு பொருளுக்கு ஆர்மூடுகல் உண்டு.

### 9.2 மையநாட்ட ஆர்மூடுகல் (Centripetal Acceleration, $a_c$ )

சீரான வட்ட இயக்கத்தில் உள்ள ஒரு பொருளின் ஆர்மூடுகலானது, எப்போதும் வட்டப் பாதையின் மையத்தை நோக்கியே தொழிற்படும். எனவே, இது மையநாட்ட ஆர்மூடுகல் என அழைக்கப்படுகிறது.

'r' ஆரையுடைய வட்டப் பாதையில் 'v' கதியுடன் இயங்கும் 'm' திணிவுள்ள பொருளின் மையநாட்ட ஆர்மூடுகலின் பருமன்:  $a_c = \frac{v^2}{r}$  என்ற தொடர்பைப் பிரதியிடுவதன் மூலம்,

$$a_c = r\omega^2$$

எனவே,

$$a_c = rv^2$$

### 9.3 மையநாட்ட விசை (Centripetal Force, $F_c$ )

நியுட்டனின் இரண்டாம் விதிப்படி ( $F=ma$ ), ஒரு பொருளில் ஆர்மூடுகல் இருந்தால், அதன் மீது ஒரு விளையுள் விசை தொழிற்பட வேண்டும். வட்ட இயக்கத்தில், மையநாட்ட ஆர்மூடுகலை உருவாக்கும் விளையுள் விசை மையநாட்ட விசை எனப்படும்.

மையநாட்ட விசையின் திசையும் மையநாட்ட ஆர்மூடுகலின் திசையைப் போலவே, எப்போதும் வட்டப் பாதையின் மையத்தை நோக்கியே இருக்கும்.

$F_c=mac$   
 $F_c=rmv^2=mr\omega^2$

**முக்கிய குறிப்பு:** மையநாட்ட விசை என்பது ஒரு புதிய வகை விசை அல்ல. அது ஏற்கனவே உள்ள விசைகளின் (உ.-ம்: இழுவை, ஈர்ப்பு, உராய்வு) விளையுளாகும். இவ்விசையே பொருளை வட்டப் பாதையில் வைத்திருக்கக் காரணமாகிறது.

|  |   |
|--|---|
| வட்ட இயக்கத்தை ஆற்றும் பொருள்                            | மையநாட்ட விசையை வழங்குவது                                   |
| கயிற்றில் கட்டப்பட்ட கல்                                 | கயிற்றிலுள்ள இழுவை (Tension)                                |
| சூரியனைச் சுற்றும் பூமி சூரியனின் ஈர்ப்பு விசை (Gravity) |   |
| வட்டப் பாதையில் திரும்பும் கார்                          | சில்லுகளுக்கும் பாதைக்கும் இடையிலான உராய்வு விசை (Friction) |
| Export to Sheets   |   |

... (இவ்வாறு பக்கங்கள் 139 வரை தொடரும்)

**பக்கம் 140: அத்தியாயம் 10 - நீர் நிலையியல் (Hydrostatics)**

பருப்பொருட்கள் திண்மம், திரவம், வாயு ஆகிய மூன்று நிலைகளில் காணப்படுகின்றன. திரவங்களும் வாயுக்களும் பாயும் தன்மையைக் கொண்டிருப்பதால், அவை பொதுவாக பாயிகள் (Fluids) என

அழைக்கப்படுகின்றன. பாயிகளின் இயக்கத்தைப் பற்றிய கற்கைத்துறை பாயிப் பொறியியல் (Fluid Mechanics) ஆகும்.

இத்துறையை இரண்டு முக்கிய பிரிவுகளாகப் பிரிக்கலாம்:

1. நீர் நிலையியல் (Hydrostatics): ஓய்வில் உள்ள பாயிகளைப் பற்றியது.
2. பாயி இயக்கவியல் (Fluid Dynamics): இயக்கத்தில் உள்ள பாயிகளைப் பற்றியது.

## 10.1 அடர்த்தி மற்றும் தொடர்படர்த்தி

அடர்த்தி (Density,  $\rho$ ): ஒரு பொருளின் ஓரலகு கனவளவுக்கான திணிவு அதன் அடர்த்தி எனப்படும்.

$\rho = \text{கனவளவு}(V) / \text{திணிவு}(m)$

- அடர்த்தி ஒரு எண்ணிக்கணியம்.
- இதன் SI அலகு கிலோகிராம்/மீட்டர் $^3$  ( $\text{kg m}^{-3}$ ) ஆகும்.
- நீரின் அடர்த்தி பொதுவாக  $1000 \text{ kg m}^{-3}$  எனக் கொள்ளப்படும்.

தொடர்படர்த்தி (Relative Density): ஒரு பொருளின் அடர்த்திக்கும், நீரின் அடர்த்திக்கும் ( $4^\circ\text{C}$  இல்) உள்ள விகிதம் அப்பொருளின் தொடர்படர்த்தி எனப்படும்.

தொடர்படர்த்தி = நீரின் அடர்த்தி / பொருளின் அடர்த்தி

- இது ஒரு விகிதம் என்பதால், இதற்கு அலகு இல்லை.
- ஒரு பொருளின் தொடர்படர்த்தியை  $1000$  ஆல் பெருக்கினால், அதன் அடர்த்தியை SI அலகில் பெறலாம்.

## 10.2 அழுக்கம் (Pressure, P)

வரைவிலக்கணம்: ஒரு மேற்பரப்பின் ஓரலகுப் பரப்பிற்குச் செங்குத்தாகத் தொழிற்படும் விசை அழுக்கம் எனப்படும்.

$P = \text{பரப்பு}(A) / \text{செங்குத்துவிசை}(F)$

- அழுக்கம் ஒரு எண்ணிக்கணியம்.
  - இதன் SI அலகு பாஸ்கல் (Pascal, Pa) ஆகும்.  $1\text{Pa}=1\text{Nm}^{-2}$ .
  - ஏனைய அலகுகள்: வளிமண்டலம் (atm), பார் (bar), இரச மில்லிமீற்றர் (mm Hg).
- 

## பக்கம் 141: அத்தியாயம் 10 (தொடர்ச்சி)

திரவ நிரல் ஒன்றினால் ஏற்படும் அழுக்கம்

அதர்த்தியுள்ள திரவம் ஒன்றில், அதன் திறந்த மேற்பரப்பிலிருந்து 'h' ஆழத்தில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் திரவத்தினால் மட்டும் ஏற்படுத்தப்படும் அழுக்கத்தைக் கருதுக.

புள்ளியின் மீது A பரப்புடைய ஒரு கிடை மேற்பரப்பை கற்பனை செய்க.

- இந்த மேற்பரப்பிற்கு மேலுள்ள திரவ நிரலின் கனவளவு,  $V=A \times h$ .
- திரவ நிரலின் திணிவு,  $m=\rho V=\rho Ah$ .
- திரவ நிரலின் நிறை (விசை),  $F=mg=(\rho Ah)g$ .

இந்த நிறையானது A பரப்பின் மீது தொழிற்படுவதால், அப்புள்ளியில் உள்ள அழுக்கம்:

$$P_{திரவம்} = AF = A\rho Ahg$$

$$P = hg$$

இந்த அழுக்கம் அளவி அழுக்கம் (Gauge Pressure) எனப்படும்.

### 10.3 வளிமண்டல அழுக்கம் (Atmospheric Pressure)

பூமியைச் சுற்றியுள்ள வளிமண்டலம், அதன் நிறையினால் புவியின் மேற்பரப்பில் உள்ள எல்லாப் பொருட்களின் மீதும் ஒரு அழுக்கத்தைப் பிரயோகிக்கிறது. இதுவே வளிமண்டல அழுக்கம் ( $P_{atm}$ ) ஆகும்.

- கடல் மட்டத்தில் இதன் பெறுமானம் கிட்டத்தட்ட  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  ஆகும்.
- வளிமண்டல அழுக்கத்தை அளக்க பாரமானி (Barometer) பயன்படுகிறது. ரொறிசெலியின் (Torricelli) இரசப் பாரமானி ஒரு பொதுவான உதாரணமாகும்.

**திரவம் ஒன்றில் ஒரு புள்ளியிலுள்ள மொத்த அழுக்கம்**

திறந்த பாத்திரம் ஒன்றில் உள்ள திரவத்தின் மேற்பரப்பிலிருந்து 'h' ஆழத்தில் உள்ள ஒரு புள்ளியில் உள்ள மொத்த அல்லது தனி அழுக்கம் (Absolute Pressure) என்பது, வளிமண்டல அழுக்கத்தினதும் திரவ நிரலினால் ஏற்படும் அழுக்கத்தினதும் கூட்டுத்தொகையாகும்.

$$P_{\text{மொத்தம்}} = P_{\text{atm}} + h\rho g$$


---

## **பக்கம் 142: அத்தியாயம் 10 (தொடர்ச்சி)**

### **10.4 பஸ்காலின் தத்துவம் (Pascal's Principle)**

பிரான்ஸ் நாட்டு விஞ்ஞானி பிளேஸ் பஸ்கால் (Blaise Pascal) பாயிகளின் அழுக்கம் தொடர்பான ஒரு முக்கிய தத்துவத்தை முன்வைத்தார்.

**தத்துவம்:** ஓய்விலுள்ள, நெருக்க முடியாத, மூடப்பட்ட பாயி ஒன்றின் யாதாயினும் ஒரு புள்ளியில் அழுக்கம் பிரயோகிக்கப்பட்டால், அவ்வழுக்கமானது பாயியின் எல்லாப் புள்ளிகளுக்கும் மற்றும் பாத்திரத்தின் சுவர்களுக்கும் எவ்வித மாற்றமுமின்றி ஊடுகடத்தப்படும்.

### **நீரியல் அழுத்தி (Hydraulic Press)**

பஸ்காலின் தத்துவத்தின் மிக முக்கியமான பிரயோகம் நீரியல் அழுத்தி ஆகும். இது சிறிய விசையைப் பிரயோகித்து ஒரு பெரிய விசையை உருவாக்கப் பயன்படுகிறது (விசைப் பெருக்கம்).

இது வெவ்வேறு குறுக்குவெட்டுப் பரப்புகளை (A1 மற்றும் A2) கொண்ட இரண்டு முசலங்களைக் (pistons) கொண்டுள்ளது. A1 < A2.

சிறிய முசலத்தில் F1 எனும் விசை பிரயோகிக்கப்படும் போது, திரவத்தில் ஏற்படும் அழுக்க அதிகரிப்பு:  $\frac{F_1}{A_1} \times P = \frac{F_2}{A_2}$  எனவே, பெரிய முசலத்தில் உருவாக்கப்படும் மேல் நோக்கிய விசை F2 ஆனது:

$$F_2 = P \times A_2 = (A_1 F_1) / A_2$$

$$A_1 F_1 = A_2 F_2$$

$A_2 > A_1$  என்பதால்,  $F_2 > F_1$  ஆகும். இதுவே விசைப் பெருக்கத்திற்கான தத்துவமாகும்.

பிரயோகங்கள்:

- வாகனங்களை உயர்த்தும் நீரியல் தூக்கி (Hydraulic Jack)
- வாகனங்களின் நீரியல் தடுப்புத் தொகுதி (Hydraulic Brakes)
- பல் மருத்துவமனைகளில் உள்ள கதிரைகள்.

## அத்தியாயம் 11: மிதத்தல் (பக்கம் 153)

- 11.1 மேலுதைப்பு (Upthrust)
- 11.2 ஆக்கிமிடிஸின் தத்துவம்
- 11.3 ஆக்கிமிடிஸின் தத்துவத்தை வாய்ப்புப் பார்த்தல்
- 11.4 மிதத்தல் தத்துவம் (Principle of Flotation)
  - முற்றாக அமிழ்ந்து மிதத்தல்
  - பகுதியாக அமிழ்ந்து மிதத்தல்
- 11.5 மீயுந்தல் மையம் மற்றும் உறுதிச் சமநிலை
- 11.6 நீரமானி (Hydrometer)
- 11.7 தீர்க்கப்பட்ட உதாரணங்கள்

## அத்தியாயம் 12: பாயி இயக்கவியல் (பக்கம் 168)

- 12.1 பாயிகளின் பாய்ச்சல்
  - அருவிக்கோட்டுப் பாய்ச்சல் மற்றும் கொந்தளிப்புப் பாய்ச்சல்
- 12.2 தொடர்ச்சிச் சமன்பாடு ( $A1v1=A2v2$ )
- 12.3 பேணாயீயின் கோட்பாடு
  - பேணாயீயின் சமன்பாடு ( $P+21\rho v^2+\rho gh=\text{மாறிலி}$ )
- 12.4 பேணாயீயின் கோட்பாட்டின் பிரயோகங்கள்
  - சிவிறு சூழாய், ஆகாய விமான இறக்கையின் உயர்த்து விசை, கறங்கும் பந்தின் இயக்கம்
- 12.5 தீர்க்கப்பட்ட உதாரணங்கள்

**அத்தியாயம் 13: அலகு மீள்பார்வை (பக்கம் 185)**

- 13.1 முக்கிய சமன்பாடுகளின் தொகுப்பு
- 13.2 வரைவிலக்கணங்கள் மற்றும் தத்துவங்கள்
- 13.3 பயிற்சி விளாக்கள்

**பின்னினைப்பு (பக்கம் 198)**

- பெளதிக மாறிலிகள்
- கிரேக்க எழுத்துக்கள்

**மேற்கோள் நூல்கள் (பக்கம் 200)**

---

## **பக்கம் 152**

(காலி பக்கம்)

---

## **பக்கம் 153: அத்தியாயம் 11 - மிதத்தல் (Flotation)**

**11.1 மேலுதைப்பு (Upthrust)**

ஒரு பொருளை திரவம் ஒன்றினுள் பகுதியாகவோ அல்லது முற்றாகவோ அமிழ்த்தும்போது, அப்பொருளின் மீது திரவத்தினால் ஒரு மேல்நோக்கிய விளையுள் விசை தொழிற்படும். இவ்விசையே மேலுதைப்பு அல்லது மீயுந்தல் விசை (Buoyant Force) எனப்படும்.

ஒரு பொருளை நீரில் அமிழ்த்தும்போது அது இலேசாகத் தோன்றுவதற்குக் காரணம் இந்த மேலுதைப்பு விசையே ஆகும். பொருளின் நிறையை இந்த மேலுதைப்பு விசை பகுதியாகச் சமன் செய்கிறது.

விற்றராசு ஒன்றில் தொங்கவிடப்பட்ட கல்லின் நிறை வளியில்  $W_1$  ஆகவும், நீரில் முற்றாக அமிழ்ந்திருக்கும் போது அதன் தோற்ற நிறை  $W_2$  ஆகவும் இருப்பின், பொருளின் மீது தொழிற்படும் மேலுதைப்பு ( $U$ ),

$$U = \text{நிறையில் ஏற்படும் குறைவு} = W_1 - W_2$$

## 11.2 ஆக்கிமிடிலின் தத்துவம் (Archimedes' Principle)

கிரேக்க விஞ்ஞானி ஆக்கிமிடிஸ், மேலுதைப்பு விசைக்கும் பொருளினால் இடம்பெயர்க்கப்பட்ட திரவத்திற்கும் இடையிலான தொடர்பை விளக்கினார்.

**தத்துவம்:** ஓய்விலுள்ள பாயி ஒன்றினுள் பொருள் ஒன்றை முற்றாக அல்லது பகுதியாக அமிழ்த்தும்போது, பொருளினால் இடம்பெயர்க்கப்பட்ட பாயியின் நிறைக்குச் சமனான மேலுதைப்பு ஒன்றை அப்பொருள் உணரும்.

ஒரு பொருள்  $V$  கனவளவுள்ள பகுதியைப்  $\rho_f$  அடர்த்தியுள்ள பாயியினுள் அமிழ்த்தியிருந்தால்,

- இடம்பெயர்க்கப்பட்ட பாயியின் கனவளவு =  $V$
- இடம்பெயர்க்கப்பட்ட பாயியின் திணிவு =  $V\rho_f$
- இடம்பெயர்க்கப்பட்ட பாயியின் நிறை =  $(V\rho_f)g$

ஆக்கிமிடிலின் தத்துவப்படி, மேலுதைப்பு ( $U$ ),

$$U = V\rho_f g$$

## தத்துவத்தை வாய்ப்புப் பார்த்தல்

மேலுதைப்பு என்பது, அமிழ்ந்திருக்கும் பொருளின் கீழ் மேற்பரப்பில் உள்ள அமுக்கத்திற்கும் மேல் மேற்பரப்பில் உள்ள அமுக்கத்திற்கும் இடையிலான வேறுபாட்டினால் உருவாகும் விசை ஆகும்.

h உயரமும், A குறுக்குவெட்டுப் பரப்பும் உடைய உருளை ஒன்று,  $\rho f$  அடர்த்தியுள்ள திரவத்தில் முற்றாக அமிழ்ந்துள்ளது எனக் கொள்க.

- மேல் மேற்பரப்பில் கீழ்நோக்கிய விசை,  $F_1 = P_1 A = (\rho f g) A$
- கீழ் மேற்பரப்பில் மேல்நோக்கிய விசை,  $F_2 = P_2 A = ((H+h)\rho f g) A$

விளையுள் மேல்நோக்கிய விசை (மேலுதைப்பு),  $U = F_2 - F_1 = (H+h)\rho f g A - H\rho f g A = h\rho f g A$  உருளையின் கனவளவு  $V = Ah$  என்பதால்,

$$U = V \rho f g$$

இது இடம்பெயர்க்கப்பட்ட திரவத்தின் நிறைக்குச் சமனாகும். எனவே தத்துவம் நிறுவப்படுகிறது.

---

... (இவ்வாறு பக்கங்கள் 167 வரை தொடரும்)

**பக்கம் 168: அத்தியாயம் 12 - பாயி**

**இயக்கவியல் (Fluid Dynamics)**

நீர் நிலையியலில் ஓய்விலுள்ள பாயிகளின் இயல்புகளைக் கற்றோம். இந்த அத்தியாயத்தில், இயக்கத்தில் உள்ள பாயிகளின் (பாயும் பாயிகளின்) இயல்புகளை ஆராய்வோம். பாயிகளின் பாய்ச்சல் எமது அன்றாட வாழ்விலும் தொழில்நுட்பத்திலும் முக்கியமானது (உ.-ம்: குழாய்களில் நீர் பாய்தல், இரத்த ஓட்டம், விமானம் பறத்தல்).

**12.1 பாயிகளின் பாய்ச்சல்**

பாயிகளின் பாய்ச்சலை இரண்டு முக்கிய வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

1. அருவிக்கோட்டுப் பாய்ச்சல் (Streamline / Laminar Flow): பாயி ஒன்றின் பாய்ச்சலின் போது, யாதேனும் ஒரு புள்ளியினாடாகச் செல்லும் ஒவ்வொரு பாயித்துணிக்கையும் ஒரே பாதையைப் பின்பற்றி, ஒரே வேகத்துடன் செல்லுமாயின், அப்பாய்ச்சல் அருவிக்கோட்டுப் பாய்ச்சல் எனப்படும்.

- இது பொதுவாகக் குறைந்த வேகங்களில் ஏற்படும் மென்மையான, ஒழுங்கான பாய்ச்சலாகும்.
- பாயியானது ஒன்றுக்கொன்று வழுக்கிச் செல்லும் மெல்லிய படைகளாக இயங்குவதாகக் கருதலாம்.
- பாயித்துணிக்கைகளின் பாதைகள் அருவிக்கோடுகள் (Streamlines) எனப்படும். அருவிக்கோடுகள் ஒன்றையொன்று வெட்டாது.

2. கொந்தளிப்புப் பாய்ச்சல் (Turbulent Flow): பாயியின் வேகம் ஒரு குறிப்பிட்ட மாறுநிலை வேகத்தை (critical velocity) விட அதிகரிக்கும் போது, பாய்ச்சல் ஒழுங்கற்றதாகவும், சுழல்களைக் கொண்டதாகவும் மாறும். இது கொந்தளிப்புப் பாய்ச்சல் எனப்படும்.

- துணிக்கைகளின் பாதைகள் ஒழுங்கற்றவை மற்றும் கணிக்க முடியாதவை.
- அதிக சக்தி விரயம் ஏற்படும்.

**பாய்ச்சல் குழாய் (Tube of Flow):** ஒரு தொகுதி அருவிக்கோடுகளால் சூழப்பட்ட பிரதேசம் பாய்ச்சல் குழாய் எனப்படும். பாய்ச்சல் குழாயின் சுவர்களினாடாகப் பாயி செல்லாது.

## 12.2 தொடர்ச்சிச் சமன்பாடு (Equation of Continuity)

நெருக்க முடியாத (அடர்த்தி மாறாத) பாயி ஒன்று, அருவிக்கோட்டுப் பாய்ச்சலில் உள்ளபோது, பாய்ச்சல் குழாயின் வழியே செல்லும் திணிவு வீதம் ஒரு மாறிலியாகும்.

குறுக்குவெட்டுப் பரப்பு  $A_1$  இல் பாயியின் வேகம்  $v_1$  எனவும், குறுக்குவெட்டுப் பரப்பு  $A_2$  இல் வேகம்  $v_2$  எனவும் கொள்க.

- $A_1$  இனாடாக ஒரு செக்கனில் பாயும் கனவளவு =  $A_1 v_1$

- A2 இனாடாக ஒரு செக்கனில் பாயும் கனவளவு =  $A2v2$

பாயி நெருக்க முடியாதது என்பதால், உள்செல்லும் கனவளவு வீதமும் வெளியேறும் கனவளவு வீதமும் சமமாக இருக்க வேண்டும்.

$A1v1=A2v2=\text{மாறிலி}$

இதுவே தொடர்ச்சிச் சமன்பாடு ஆகும். இதன் படி, குழாயின் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பு குறையும்போது பாயியின் வேகம் அதிகரிக்கும்.

---

**... (இவ்வாறு பக்கங்கள் 184 வரை தொடரும்)**

## **பக்கம் 185: அத்தியாயம் 13 - அலகு மீள்பார்வை**

இந்த அத்தியாயம், 'பொறியியல்' அலகில் கற்ற முக்கிய சமன்பாடுகள், வரைவிலக்கணங்கள் மற்றும் தத்துவங்களை மீட்டிப் பார்ப்பதற்கும், பயிற்சி விளாக்கள் மூலம் உங்கள் புரிதலைச் சோதிப்பதற்கும் உதவும்.

### **13.1 முக்கிய சமன்பாடுகளின் தொகுப்பு**

**இயக்கவியல்:**

- $v=u+at$
- $s=ut+\frac{1}{2}at^2$
- $v^2=u^2+2as$
- **சார்பு வேகம்:**  $v_A,B=v_A-v_B$

**விசையியல்:**

- நியுட்டனின் 2ஆம் விதி:  $F=ma$
- உந்தம்:  $p=mv$
- கணத்தாக்கு:  $I=F\Delta t=\Delta p$

- உராய்வு விசை:  $F_f \leq \mu_s R$ ,  $F_f = \mu_k R$

வேலை, சக்தி, வலு:

- வேலை:  $W = F_s \cos \theta$
- இயக்கப்பாட்டுச் சக்தி:  $K.E. = \frac{1}{2} m v^2$
- ஈர்ப்பு அழுத்தச் சக்தி:  $P.E. = mgh$
- வலு:  $P = tW = Fv$

சுழற்சி மற்றும் வட்ட இயக்கம்:

- $v = r\omega$ ,  $a_t = r\alpha$
- மையநாட்ட ஆர்முடுகல்:  $a_c = rv^2 = r\omega^2$
- மையநாட்ட விசை:  $F_c = rmv^2$
- முறுக்கம்:  $\tau = I\alpha$
- கோண உந்தம்:  $L = I\omega$
- கோண உந்தக்காப்பு:  $I_1\omega_1 = I_2\omega_2$

பாயிகள்:

- அழுக்கம்:  $P = AF$ ,  $P = h\rho g$
- மேலுதைப்பு (ஆக்கிமிடிஸ்):  $U = V_{submerged} \rho_{fluid} g$
- மிதத்தல்:  $mg = U$
- தொடர்ச்சிச் சமன்பாடு:  $A_1 v_1 = A_2 v_2$
- பேணுயீயின் சமன்பாடு:  $P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{மாறிலி}$

## பக்கம் 186: அத்தியாயம் 13 (தொடர்ச்சி)

### 13.2 வரைவிலக்கணங்கள் மற்றும் தத்துவங்கள்

- நியூட்டனின் விதிகள்: முதலாம், இரண்டாம் மற்றும் மூன்றாம் விதிகளை மனம் செய்க.
- உந்தக்காப்புத் தத்துவம்: ஒரு தொகுதியின் மீது புற விளையுள் விசை தொழிற்படாதவிடத்து, அத்தொகுதியின் மொத்த உந்தம் மாறாதிருக்கும்.

- சக்திக்காப்புத் தத்துவம்: ஒரு மூடிய தொகுதியின் மொத்த சக்தி மாறாதிருக்கும். அது ஒரு வடிவத்திலிருந்து இன்னொரு வடிவத்திற்கு மாறலாம்.
- கோண உந்தக்காப்புத் தத்துவம்: ஒரு தொகுதியின் மீது பற விணையுள் முறுக்கம் தொழிற்படாதவிடத்து. அத்தொகுதியின் மொத்தக் கோண உந்தம் மாறாதிருக்கும்.
- ஆக்கிமிடிஸின் தத்துவம்: இடம்பெயர்க்கப்பட்ட பாயியின் நிறைக்குச் சமனான மேலுதைப்பை பொருள் உணரும்.
- பஸ்காலின் தத்துவம்: மூடப்பட்ட பாயியில் பிரயோகிக்கப்படும் அழுக்கம் எவ்வித மாற்றமுமின்றி ஊடுகடத்தப்படும்.
- பேண்டாயீயின் கோட்பாடு: அருவிக்கோட்டுப் பாய்ச்சலில் பாயியின் வேகம் அதிகரிக்கும் இடத்தில் அழுக்கம் குறையும்.

### 13.3 பயிற்சி வினாக்கள்

#### பகுதி I - பல்தேர்வு வினாக்கள் (MCQ)

1. ஒரு பொருள் சீரான வட்ட இயக்கத்தில் உள்ளது. பின்வரும் பெளதிக்கக் கணியங்களில் எது மாறிலியாக இருக்கும்? (1) வேகம் (2) ஆர்மூகல் (3) உந்தம் (4) இயக்கப்பாட்டுச் சக்தி (5) மையநாட்ட விசை
2. ஒரு மனிதன் மின்தூக்கி ஒன்றினுள் தராசு ஒன்றில் நிற்கிறான். மின்தூக்கி மாறா வேகத்துடன் மேல் நோக்கிச் செல்லும் போது தராசின் வாசிப்பு  $W$  ஆகும். மின்தூக்கி  $g/3$  ஆர்மூகலுடன் மேல் நோக்கிச் சென்றால், புதிய வாசிப்பு என்ன? (1)  $W/3$  (2)  $2W/3$  (3)  $W$  (4)  $4W/3$  (5)  $3W/2$
3. கிடைக்குழாய் ஒன்றினுடாக நீர் பாய்கிறது. குழாயின் விட்டம் ஒரு இடத்தில்  $4\text{ cm}$  இலிருந்து  $2\text{ cm}$  ஆகக் குறைகிறது. அகன்ற பகுதியில் நீரின் வேகம்  $1\text{ ms}^{-1}$  எனின், ஒடுங்கிய பகுதியில் வேகம் என்ன? (1)  $0.25\text{ ms}^{-1}$  (2)  $0.5\text{ ms}^{-1}$  (3)  $1\text{ ms}^{-1}$  (4)  $2\text{ ms}^{-1}$  (5)  $4\text{ ms}^{-1}$

... (இவ்வாறான 15 வினாக்கள்) ...

**விடைகள்:** 1. (4), 2. (4), 3. (5), ...

---

... (கட்டுரை மற்றும் அமைப்புக்கட்டுரை வினாக்கள் பக்கங்கள் 197 வரை தொடரும்)

## பக்கம் 198: பின்னினைப்பு

### A. முக்கியமான பெளதிக் மாறிலிகள்

|   |  |
|---|--|
| கணியம்                                  | சூழியீடு பெறுமானம்   |
| புவியீர்ப்பு ஆர்மூடுகல்                 | g            9.8ms <sup>-2</sup> (கணக்குகளுக்கு 10ms <sup>-2</sup> ) |
| நீரின் அடர்த்தி ( $4^{\circ}\text{C}$ ) | $\rho_{\text{w}}$ 1000kgm <sup>-3</sup>                              |
| இரசத்தின் அடர்த்தி                      | $\rho_{\text{Hg}}$ 13600kgm <sup>-3</sup>                            |
| நியம வளிமண்டல அழுக்கம் Patm             | $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$                                       |
| Export to Sheets                        |  |

### B. கிரேக்க எழுத்துக்கள்

|                  |        |                               |
|------------------|--------|-------------------------------|
| எழுத்து          | பெயர்  | பயன்படுத்தப்படும் சந்தர்ப்பம் |
| $\alpha$         | அல்ஃபா | கோண ஆர்மூடுகல்                |
| $\theta$         | தீட்டா | கோணம், கோண இடப்பெயர்ச்சி      |
| $\mu$            | மியூ   | உராய்வுக் குணகம்              |
| $\rho$           | றோ     | அடர்த்தி                      |
| $\tau$           | டோ     | முறுக்கம்                     |
| $\omega$         | ஓமேகா  | கோண வேகம்                     |
| $\Sigma$         | சிக்மா | சூட்டுத்தொகை                  |
| Export to Sheets |        |                               |

---

## பக்கம் 199

(காலி பக்கம்)

---

## **பக்கம் 200: மேற்கோள் நூல்கள்**

1. Breithaupt, J. (2003) Understanding Physics For Advanced Level - Fourth Edition. Nelson Throne, Cheltenham, UK.
2. Edmonds Jr., D. S. (1993). Cioffari's Experiments in College Physics - Nineth Edition. D. C. Heath and Company, Massachusetts, USA.
3. Muncaster, R. (1993). A-level Physics - Fourth Edition. Stanley Thornes (Publishers) Ltd, Cheltenham, UK.
4. Nelkon, M. & Ogborn, J. M. (1987). Advanced Level Practical Physics - Fourth Edition. Heinemann Educational Books, London, UK.
5. Tyler, F. (1961). A Laboratory Manual of Physics - Second Edition. Edward Arnold Publishers Limited, London, UK.

**சுறிப்பு:** இந்த பாடநூல் க.பொ.த (உயர்தரம்) பெளதிகவியல் வளநூலை (ScienceEagle.com) அடிப்படையாகக் கொண்டு உருவாக்கப்பட்டது.