படலம் 10

பாய்மங்களின் எந்திரவியப்பண்புகள்

10.1 அறிமுகம்
10.2 அழுத்தம்
10.3 சீரோட்டப்பாய்வு
10.4 பெருனூலியின் கொள்கை
10.5 பாகுமை
10.6 பரப்புவிறைப்பு
சுருக்கவுரை
உங்கள் சிந்தனைக்கு
பயிற்சிகள்
மேலும் பயிற்சிகள்

10.1 அறிமுகம்

இந்தப்படலத்தில் நீர்மங்கள், வளிமங்கள் ஆகியவற்றின் சில பொதுவான இயற்பண்புகளை கற்போம். நீர்மங்களும் வளிமங்களும் பாயக் கூடியவை என்பதால் அவற்றை பாய்மங்கள் என்கிறோம். இந்தப்பண்பே நீர்மங்களையும் வளிமங்களையும் அடிப்படையில் திண்மங்களிலிருந்து வேறுபடுத்துகிறது.

பாய்மங்கள் நம்மைச்சுற்றி எங்கும் உள்ளன. புவியைச்சுற்றி ஒரு வளியுறை இருக்கிறது; அதன் பரப்பின் மூன்றிலிரண்டு பாகம் நீரால் மூடப் பட்டுள்ளது. நீர் நம் இருப்புமைக்கு தேவையானது மட்டுமல்லாமல், ஒவ்வொரு பாலூட்டியுடலும் பெரும்பாலும் நீராலானது. தாவரங்கள் உட்பட்ட எல்லா உயிரிகளிலும் நிகழும் எல்லா நிகழ்முறைகளுக்கும் பாய்மங்கள் ஊடகமாகின்றன. இதனால் பாய்மங்களின் பண்புகளையும் நடத்தைகளையும் புரிந்துகொள்வது முக்கியமாகிறது.

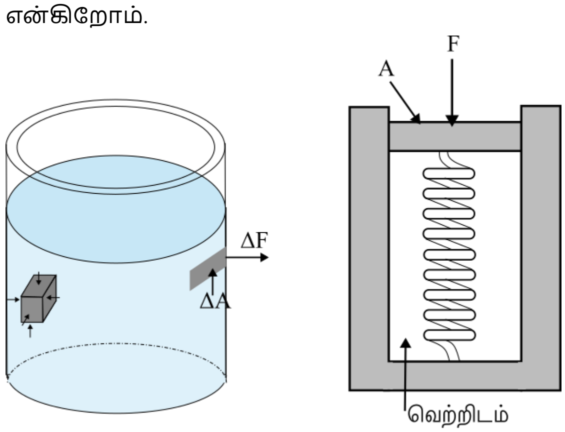
பாய்மங்கள் திண்மங்களிலிருந்து எவ்வாறு வேறுபடுகின்றன? நீர்மங்களுக்கும் வளிமங்களுக்கும் பொதுவானது என்ன? ஒரு திண்மத்துக்கு இருப்பதைப்போல் நீர்மத்துக்கும் வளிமத்துக்கும் அதற்கென்றே ஒரு திட்டவட்டமான வடிவம் இல்லை. திண்மங்களுக்கும் நீர்மங்களுக்கும் நிலையான பருமன் இருக்கிறது. ஆனால் வளிமம் தான் இருக்கும் கொள்கலனின் முழுப்பருமனையும் நிரப்புகிறது. ஒரு திண்மத்தின் பருமனை தகைப்பால் மாற்றலாம் என்று முந்திய படலத்தின் அறிந்தோம். திண்மம், நீர்மம், வளிமம் ஆகியவொன்றின் பருமன் அதன்மீது செயலாற்றும் அழுத்தத்தை சார்ந்தது. திண்மத்தின் பருமனையோ நீர்மத்தின் பருமனையோ நாம் குறிப்பிடும்போது வளிக்கோள அழுத்தத்தில் அதன் பருமனை சொல்கிறோம். திண்மங்கள் நீர்மங்களிலிருந்தோ வளிமங்களிலிருந்தோ வேறுபடுவது எவ்வாறெனில், பருமனில் வெளியழுத்ததால் ஏற்படும் மாற்றங்கள் திண்மங்களிலும் நீர்மங்களிலும் மிகச்சிறிது. வேறுவிதமாகச்சொன்னால், திண்மங்களுக்கும் நீர்மங்களுக்கும் வளிமங்களைவிட மிக்ககுறைந்த அமுங்குமை உள்ளது.

கத்தரித்தகைப்பு ஒரு திண்மத்தின் பருமனை நிலையாக வைத்து அதன் வடிவத்தை மாற்றலாம். பாய்மங்களின் வேறுபடுத்தும்

பண்பு என்னவென்றால், அவை கத்தரித் தகைப்புக்கு மிகச்சிறு தடையத்தையே வழங்குகின்றன. அதாவது சிறு கத்தரித் தகைப்பாலே அவற்றின் வடிவங்களை வெகுவாக மாற்றலாம். பாய்மங்களில் கத்தரித் திரிபை உண்டாக்கத்தேவையான தகைப்பு திண்மங்களில் உண்டாக்கத்தேவையானதை விட இருமடியாயிரம் மடங்கு சிறியது.

10.2 அழுத்தம்

நம் தோலில் அழுத்திய கூர்மையான ஊசி தோலை துளைக்கிறது. ஆனால், அதே விசையுடன் அழுத்திய அகலமான தொடுபரப் புள்ள ஒரு மழுங்கலான பொருள் (சான்றாக ஒரு கரண்டியின் முதுகுப்பக்கம்) குத்துவதில்லை. ஒரு மனிதனின் மார்பில் ஒரு யானை ஏறி நின்றால் அவனுடைய விலாவெலும்புகள் நொறுங்கிவிடு வன. ஆனால் வித்தைக்காரர் ஒரு அகலமான பலகையை மார்பில் வைத்து அதன்மீது யானையை ஏறச்செய்யும்போது இவ்வாறான விபத்து ஏற்படுவதில்லை. இவ்வாறு நாம் அன்றாடம் காண்பதிலிருந்து விசையும் தொடுபரப்பும் முக்கியமானவை என்று அறிகிறோம். விசை செயலாற்றும் பரப்பு சிறிதாயிருக்கும்போது தாக்கம் அதிகமாயிருக் கிறது. இவ்வாறான தாக்கத்தை அழுத்தம் என்கிறோம்.



(அ) (ஆ)

படம் 10.1 (அ) மூக்குக்குடுவையிலுள்ள நீர் சுவரிலோ மூழ்கியுள்ள பொருளிலோ செலுத்தும் விசை எல்லாப்புள்ளிகளிலும் பரப்புக்கு செங்குத்தானது. (ஆ) அழுத்ததை அளப்பதற்கான ஒரு நல்லியல்பான அமைகருவி.

ஒரு பொருள் ஓய்விலிருக்கும் ஒரு பாய்மத்தில் மூழ்கியிருக்கும்போது அதன் பரப்பில் பாய்மம் ஒரு விசையை செலுத்துகிறது. இந்த விசை எப்போதும் பொருளின் பரப்புக்கு செங்குத்தானது. பரப்புக்கு இணையாக ஒரு அகை இருந்தால் நியூட்டனின் மூன்றாம் விதியின் விளைவாக பொருளும் பாய்மத்தின் மீது பரப்புக்கு இணையாக ஒரு விசையை செலுத்தும். இந்த விசை பாய்மத்தை பொருளின் பரப்புக்கு இணையாக பாயச்செய்யும். பாய்மம் ஓய்விலிருப்பதால் இது நிகழவில்லை. எனவே, ஓய்விலிருக்கும் பாய்மம் செலுத்தும் விசை தொடுகையிலுள்ள பரப்புக்கு செங்குத்தானது. இதை படம் 10.1(அ) காட்டுகிறது.

ஒரு புள்ளியில் பாய்மம் செலுத்தும் செங்குத்தான விசையை அளக்கலாம். இவ்வாறான அழுத்தமளக்கும் அமைகருவியின் ஒரு நல்லியல்பு வடிவத்தை படம் 10.1(ஆ) காட்டுகிறது. இதில் ஒரு வெற்றிடமாக்கிய அறையும் ஒரு உந்துதண்டில் செயலாற்றும் விசையை அளப்பதற்காக அளதிருத்திய விற்சுருளும் உள்ளன. இந்த அமைகருவியை பாய்மத்தினுள் வைக்கிறோம். உந்துதண்டில் பாய்மம் செலுத்தும் உண்ணோக்கிய விசையை நாம் அளக்கக்கூடிய வெளிநோக்கிய விற்சுருளின்விசை சமனாக்குகிறது. பரப்பளவு A உள்ள உந்துதண்டின்மீதான விசை F எனில், சராசரியழுத்தம் என்பது ஓரலகு பரப்பளவில் செயலாற்றும் செங்குத்துவிசை என்று வரையறுத்து அதை $P_{சரா}$ என்று குறிக்கிறோம்.

$$P_{சரா} = \frac{F}{A} \qquad (10.1)$$

கொள்கையளவில், உந்துதண்டின் பரப் பளவை குறிப்பற்றவகையில் சிறிதாக்கலாம். அப்படியெனில், அழுதத்தை எல்லையின்வழி

$$P = \lim_{\Delta A \to 0} \frac{\Delta F}{\Delta A} \qquad (10.2)$$

என்று வரையறுக்கிறோம்.

அழுத்தம் ஒரு திசையிலி. (10.1), (10.2) ஆகிய சமன்பாடுகளில் மேற்காரணியாக தோன்றுவது விசையன்று; நாம் கருதும் பரப்புக்கு செங்குத்தான திசையில் அந்த விசையின் அகை என்பதை நினைவில் கொள்க. அதன் பருமானங்கள் $[ML^{-1}T^{-2}]$. அவவலகில் அழுத்தத்தின் அலகு $N\,m^{-2}$. இதற்கு பிளேயிசு பாசுக்கல் $(1623$-$1662)$ என்ற பிரான்சிய அறிவியலாளரின் பெயரால் பாசுக்கல் என்று பெயரிட்டு Pa என்று குறிக்கிறோம். இவர் பாய்மங்களின் அழுத்தத்தைப்பற்றிய ஆராய்ச்சியில் முன்னோடியாக விளங்கினார். அழுத்தத்தின் ஒரு பொதுவான அலகு வளிக்கோளம் (வகோ); அதாவது கடலமட்டத்தில் வளிக்கோளம் செலுத்தும் அழுத்தம் $(1\text{வகோ} = 1.013 \times 10^5\ Pa)$.

பாய்மங்களை விவரிப்பதில் இன்றியமை யாத மற்றொரு அளவுரு ρ என்று குறிக்கும் அடர்வு. m நிறையுள்ள ஒரு பாய்மம் V பருமனில் இருக்கும்போது அதன் அடர்வு

$$\rho = \frac{m}{V} \qquad (10.3)$$

அடர்வின் பருமானங்கள் $[ML^{-3}]$. அதன் அவவலகு $kg\,m^{-3}$. இது ஒரு நேர்மத்திசையிலி யான அளவு. ஒரு நீர்மம் பெரும்பாலும் அமுக்கத்தகாதது. எனவே அதன் அடர்வு எல்லா அழுத்தங்களிலும் கிட்டத்தட்ட மாறிலி. இதன் மறுபக்கமாக வளிமங்களின் அடர்வுகள் அழுத்தத்துடன் வெகுவாக மாறுபடுகின்றன.

நீரின் அடர்வு $4°C$யில் ($277\,K$இல்) $1.0 \times 10^3\,kg\,m^{-3}$. ஒரு பொருளின் ஒப்பளவ அடர்வு $4°C$யிலுள்ள நீரின் அடர்வுடன் அதன் அடர்வின் விகிதம். இது ஒரு அலகற்ற நேர்மத்திசையிலி. சான்றாக, அனுமினியத்தின் ஒப்பளவ அடர்வு 2.7. அதன் அடர்வு $2.7 \times 10^3\,kg\,m^{-3}$. சில பழக்க மான பொருள்களின் அடர்வுகளை அட்டவணை 10.1 காட்டுகிறது.

அட்டவணை 10.1 செவெவ[1]வில் சில பழக்கமான பாய்மங்களின் அடர்வுகள்

பாய்மம்	$\rho\ (kg\,m^{-3})$
நீர்	1.00×10^3
கடலநீர்	1.03×10^3
பாதரசம்	13.6×10^3
ஈத்தைலால்ககால்	0.806×10^3
முழுக்குருதி	1.06×10^3
வளி	1.29
ஆக்குசிசன்	1.43
ஐதரசன்	9.0×10^{-2}
உடுவிடைவெளி	$\cong 10^{-20}$

சிக்கல் 10.1

ஒவ்வொன்றும் $10\,cm^2$ குறுக்குவெட்டுப் பரப்புள்ள இரண்டு தொடையெலும்புகள் $40\,kg$ நிறையுள்ள மனிதவுடலின் மேற் பகுதியை தாங்குகின்றன. தொடையெலும்பு ஏற்கும் சராசரியான அழுத்தத்தை மதிப்பிடுக.

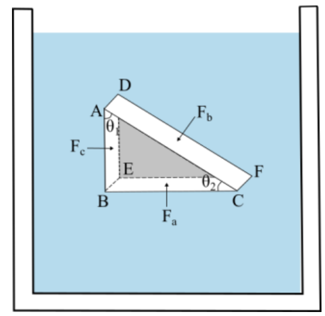
தீர்வு

தொடையெலும்புகளின் மொத்த குறுக்கு வெட்டுப்பரப்பு, $A = 2 \times 10\,cm^2 = 20 \times 10^{-4}\,m^2$. அவற்றின்மீது செயலாற்றும் விசை $F = 40\,kg$, எடை$400\,N$. ($g = 10\,m\,s^{-2}$ என்று எடுத்தோம்). இந்த விசை நெடுநிற்பமாக கீழ்நோக்கி செயலாற்றுவதால் தொடையெ லும்பின் குறுக்குவெட்டுக்கு செங்குத்தாக செயலாற்றுகிறது. எனவே, சராசரியழுத்தம்

$$P_{சரா} = \frac{F}{A} = 2 \times 10^5\,N\,m^{-2}$$

10.2.1 பாசுக்கலின் விதி

பிளேயிசு பாசுக்கல் என்ற பிரான்சிய அறிவியலர் ஓய்விலுள்ள ஒரு பாய்மத்தின் அழுத்தம் ஒரு குறிப்பிட்ட உயரத்தில் எல்லாத்திசைகளிலும் சமம் என்று கண்டறிந்தார். இந்த உண்மையை ஒரு எளிய வழியில் செய்துகாட்டலாம்.



படம் 10.2 பாசுக்கலின் விதியை நிறுவுதல். $ABC\ DEF$ ஓய்விலிருக்கும் பாய்மத்தின் உட்பகுதியிலுள்ள ஒரு தனிகம். இந்த தனிகம் ஒரு செங்கோணமுக்கோணப்பட்டகத்தின் வடிவிலுள்ளது. புவியீர்ப்பின் விளைவை புறக்கணிக்கும்வகையில் இந்த தனிகத்தின் அளவு சிறியது; ஆனால் தெளிவுக்காக பெரிதாக்கி காட்டியிருக்கிறோம்.

படம் 10.2 ஓய்விலுள்ள ஒரு பாய்மத்தின் உட்பகுதியிலுள்ள ஒரு தனிகத்தை காட்டுகிறது. $ABC\ DEF$ என்ற தனிகம் ஒரு செங்கோணமுக் கோணப்படிகத்தின் வடிவிலுள்ளது. கொள்கை யளவில், இந்த பட்டகத்தனிகம் மிகச்சிறியது என்பதால் இதன் ஒவ்வொரு பகுதியும் பாய்மத்தின் பரப்பிலிருந்து ஒரே ஆழத்தில் இருப்பதாக கொள்ளலாம். இதனால் புவியீர்ப்பின் விளைவு எல்லாப்புள்ளிகளிலும் சமம். ஆனால் தெளிவுக்காக நாம் இந்த தனிகத்தை பெரிதாக காட்டியிருக் கிறோம். இந்த தனிகத்தின்மீதான விசைகள் பாய்மத்தின் எஞ்சிய பகுதிகள் செலுத்தும் விசைகள்; இவை மேலே நாம் கண்டபடி தனிகத்தின் பரப்புகளுக்கு செங்குத்தாக இருக்கவேண்டும். இவ்வாறு, பாய்மம் படம் 10.2இல் காட்டிய A_a, A_b, A_c ஆகிய பரப்பளவுகளுள்ள $BEFC$, $ADFC$, $ADEB$ ஆகிய முகங்களில் செயலாற்றும் செங்குத்து விசைகளான முறையே F_a , F_b , F_c ஆகியவற்றுக்கு நிகராக P_a , P_b , P_c ஆகிய அழுத்தங்களை செலுத்துகிறது. இதிலிருந்து

$$F_b\ வவி\,\theta = F_c, \qquad F_b\ உவவி\,\theta = F_a\ (சமநிலையால்)$$

$$A_a\ வவி\,\theta = A_c, \qquad A_b\ உவவி\,\theta = A_a\ (வடிவியலால்)$$

என்றும்

[1] செவெவ செந்தர வெப்பநிலையையும் ($0°C$) அழுத்தத்தையும் (1 வகோ) குறிக்கிறது.

$$\frac{F_b}{A_b} = \frac{F_c}{A_c} = \frac{F_a}{A_a};\ \ P_b = P_c = P_a \qquad (10.4)$$

என்றும் பெறுகிறோம்.

எனவே, ஓய்விலிருக்கும் ஒரு பாய்மத்தில் அழுத்தம் எல்லாத்திசைகளிலும் சமம். தகைப்பின் மற்ற வகைகளைப்போலவே அழுத்தமும் திசையனன்று என்பதை இது மீண்டும் நினைவுறுத்துகிறது. இதற்கு எந்த திசையையும் குறிக்கவியலாது. ஓய்விலிருக்கும் பாய்மத்தின் உட்பகுதியிலோ அதன் வெளிப்பரப்புகளிலோ எந்த பரப்புக்கும் எதிராக எந்த அழுத்தத்திலும் செயலாற்றும் விசை அந்த பரப்பு எந்த திசையமைவில் இருப்பினும் பரப்புக்கு செங்குத்தானது.

இப்போது, ஒரு சீரான குறுக்குவெட்டுள்ள கிடைமட்டப்பாரையின் வடிவிலான ஒரு பாய்மத் தனிகத்தை கருதுக. பாரை சமநிலையில் உள்ளது. இதன் இரண்டு நுனிகளிலும் செயலாற்றும் கிடைமட்ட விசைகள் சமனாக வேண்டும். அதாவது இரண்டு நுனிகளிலுமுள்ள அழுத்தம் சமம். இது சமநிலையிலுள்ள பாய்மத்தில் கிடைமட்டத்தளத்தின் எல்லாப்புள்ளிகளிலும் அழுத்தம் சமம் என்று நிறுவுகிறது. பாய்மத்தின் வெவ்வேறு புள்ளிகளில் அழுத்தம் சமமில்லை என்று வைத்துக்கொள்வோம். அப்போது பாய்மத்தில் ஒரு நிகர விசை செயலாற்றுவதால் ஒரு பாய்வு இருக்கும். எனவே, பாய்வு இல்லாதபோது பாய்மத்தின் அழுத்தம் கிடைமட்டத்தளத்தின் எல்லாவிடங்களிலும் சமமாயிருக்கவேண்டும்.

10.2.2 அழுத்தம் ஆழத்துடன் மாறுபடல்

ஒரு கொள்கலனில் ஓய்விலிருக்கும் பாய்மத்தை கருதுக. படம் 10.3இல் 1 என்ற புள்ளி 2 என்ற புள்ளிக்குமேல் h என்ற உயரத்தில் இருக்கிறது. இந்த இரண்டு புள்ளிகளிலுமுள்ள அழுத்தம் முறையே P_1 , P_2. அடிப்பரப்பு Aயும் உயரம் hஉமுள்ள உருளை வடிவமான ஒரு பாய்மத்தனிகத்தை கருதுவோம். பாய்மம் ஓய்விலிருப்பதால், நிகர கிடைமட்ட விசைகள் சுழியமாகவேண்டும்; நிகர நெடுநிற்ப விசைகள் தனிகத்தின் எடையை சமனாக்க வேண்டும். நெடுநிற்பத்திசையில் செயலாற்றும் விசைகள் மேலுள்ள அழுத்தத்தால் கீழ்நோக்கிச் செயலாற்றும் P_1A என்ற விசையும் கீழுள்ள அழுத்தத்தால் மேனோக்கிச்செயலாற்றும் P_2A என்ற விசையும். உருளையிலுள்ள பாய்மத்தின் எடை mg எனில்,

$$(P_2 - P_1)A = mg \qquad (10.5)$$

என்று பெறுகிறோம்.

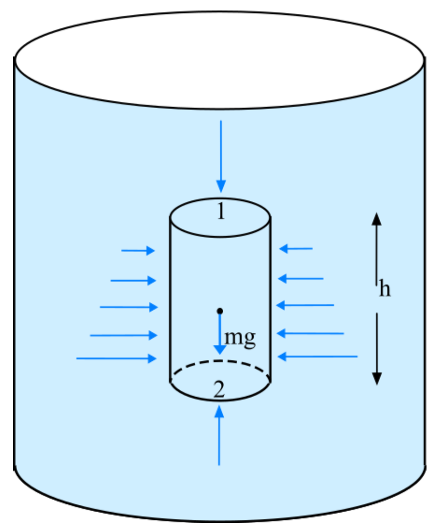
இப்போது, பாய்மத்தின் நிறையடர்வு ρ எனில், பாய்மத்தின் நிறை $m = \rho V = \rho h A$ என்பதால்

$$P_2 - P_1 = \rho g h \qquad (10.6)$$

அழுத்த வேறுபாடு 1, 2 ஆகிய புள்ளிகளுக் கிடையான h என்ற நெடுநிற்பத்தொலைவையும் பாய்மத்தின் ρ என்ற நிறையடர்வையும் g என்ற புவியீர்ப்புமுடுக்கத்தையும் சார்ந்திருக்கிறது. நாம் கருதும் 1 என்ற புள்ளி பாய்மத்தின் (நீர் என்க) வளிமண்டலத்துக்கு திறந்திருக்கும் பரப்பில் இருந்தால், P_1 க்குப்பதிலாக $P_{வ}$ என்ற வளிக்கோள அழுத்தத்தை பயன்படுத்தலாம். அப்போது (10.6)ஆம் சமன்பாடு

$$P = P_{வ} + \rho g h \qquad (10.7)$$

என்பதை தருகிறது.

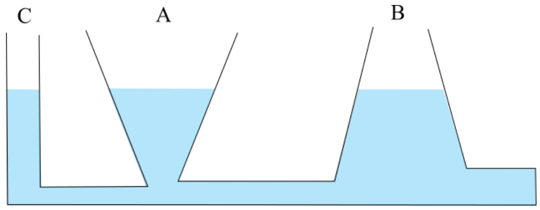


படம் 10.3 புவியீர்ப்பில் பாய்மம். புவியீர்ப்பின் விளைவை ஒரு நெடுநிற்ப உருளைத்தம்பத்தின்மீதான அழுத்தத்தால் எடுத்துக்காட்டுகிறோம்.

இவ்வாறு, வளிக்கோளத்தில் திறந்திருக்கும் நீர்மத்தின் பரப்பிலிருந்து h ஆழத்தில் அழுத்தம் வளிக்கோள அழுத்தத்தைவிட $\rho g h$ அதிகமாகிறது., h ஆழத்திலுள்ள $P - P_{வ}$ என்ற இந்த மிகுதியழுத்தத்தை அந்தப்புள்ளியிலுள்ள **அளவியழுத்தம்** என்கிறோம்,

உருளையின் பரப்பளவு (10.7)ஆம் சமன்பாட்டிலுள்ள ஒப்பிலா அழுத்தத்தின் கோவையில் தோன்றவில்லை. பாய்மத்தம்பத் தின் உயரமே முக்கியமானது; அதன் குறுக்குவெட்டுப் பரப்போ கொள்கலனின் வடிவமோ முக்கியமன்று. நீர்மவழுத்தம் ஒரு கிடைமட்டத்தில் எல்லாப் புள்ளிகளிலும் சமம். இந்த விளைவை **நீர்நிலைமத்தோற்றமுரண்** என்ற சான்றின்வழி புரிந்துகொள்ளலாம். படம் 10.4இல் காட்டிய வெவ்வேறு வடிவமுள்ள A, B, C என்ற மூன்று கலன்களை கருதுக. அவற்றை அடிப்பாகத்தில் ஒரு குழாய் இணைக்கிறது. நீரை நிரப்பும்போது மூன்று கலன்களிலுமுள்ள நீரின்

அளவு வெவ்வேறாயினும் அவற்றிலுள்ள நீர்மட்டம் ஒன்றாயிருக்கிறது; இது எதனாலென்றால், அடிக்குழாயிலுள்ள நீர் ஒவ்வொரு கலனின்கீழும் ஒரே அழுத்தத்திலுள்ளது.



படம் 10.4 நீர்நிலைமத்தோற்றமுரணை எடுத்துக்காட்டல். A, B, C என்ற மூன்று கலன்களின் ஒரே உயரத்துக்கு வெவ்வேறு அளவான நீர்மம் உள்ளது.

சிக்கல் 10.2

ஏரியின் பரப்பின்கீழ் $10\ m$ ஆழத்தில் நீந்தும் ஒருவர்மீது செயலாற்றும் அழுத்தம் என்ன?

தீர்வு

இங்கு, $h = 10\ m$, $\rho = 1000\ kg\ m^{-3}$. மேலும், $g = 10\ m\ s^{-2}$ என்று கொள்வோம். (10.7)ஆம் சமன்பாட்டிலிருந்து,

$P = P_{வ} + \rho g h = 1.01 \times 10^5\ Pa + 1000\ kg\ m^{-3} \times 10\ m\ s^{-2} \times 10\ m$

$= 2.01 \times 10^5 Pa$

$= 2$ வகோ

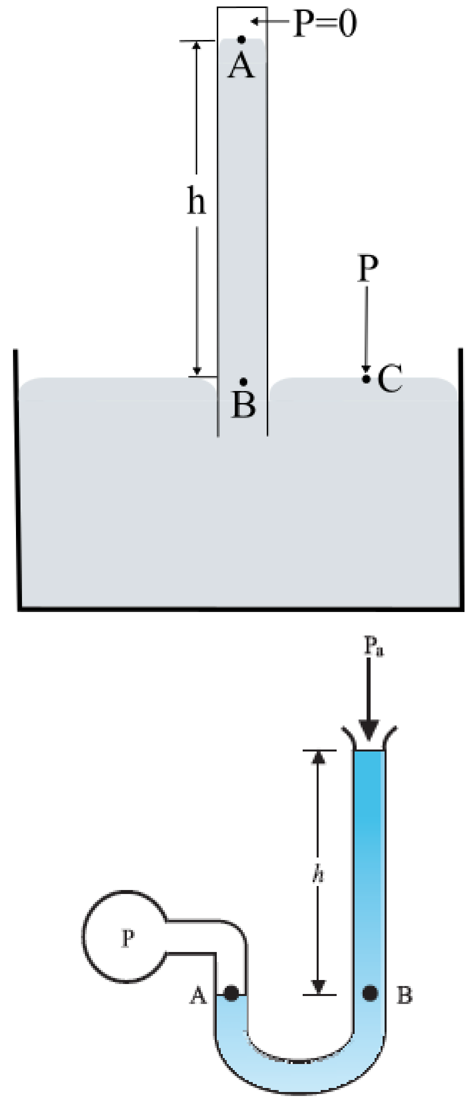
இது பரப்புமட்டத்திலிருந்து அழுத்தத்தின் 100 % அதிகரிப்பு. $1\ km$ ஆழத்தில் அழுத்தம் 100 வகோவுக்கு அதிகரிக்கிறது. இவ்வாறான மாபெரும் அழுத்தங்களை தாங்குமாறு நீர்மூழ்கிகளை வடிவமைக்கிறார்கள்.

10.2.3 வளிக்கோளத்தழுத்தமும் அளவியழுத்தமும்

எந்தப்புள்ளியிலும் வளிக்கோளத்தின் அழுத்தம் அந்தப்புள்ளியிலிருந்து ஓரலகு குறுக்குவெட்டுப்பரப்பளவில் வளிக்கோளத்தின் பரப்புவரையுள்ள வளித்தம்பத்தின் எடைக்கு சமம். கடலமட்டத்தில் இது $1.013 \times 10^5\ Pa$ (1 வகோ). இத்தாலிய அறிவியலரான எவாங்கலித்தா தொரிச்செல்லி (1608-1647) வளிக்கோளழுத்தத்தை அளக்கும் ஒரு முறையை முதன்முதலில் உருவாக்கினார். ஒரு நுனியில் மூடப்பட்ட ஒரு நீளமான கண்ணாடிக்குழாயில் பாதரசத்தை நிரப்பி அதை ஒரு பாதரசத்தொட்டியில் படம் 10.5இல் காட்டியபடி தலைகீழாக வைக்கிறோம். இந்த அமைகருவியை பாதரதசழுத்தங்காட்டி என்கிறோம். குழாயில் பாதரசத்தம்பத்துக்கு மேலுள்ள வெளியில் பாதரசத்தின் ஆவி மட்டுமே உள்ளது. இந்த ஆவியின் P என்ற அழுத்தம் மிகச்சிறியது; அதை புறக்கணிக்கலாம். இதனால் A என்ற புள்ளியிலுள்ள அழுத்தம் சுழியம். தம்பத்திலுள்ள B என்ற புள்ளியிலுள்ள அழுத்தம் C என்ற புள்ளியிலுள்ள அழுத்தத்தமான வளிக்கோள அழுத்தத்துக்கு சமம்.

$$P_{வ} = \rho g h \qquad (10.8)$$

இங்கு, ρ பாதரசத்தின் அடர்வு, h குழாயில் பாதரசத்தம்பத்தின் உயரம்.



படம் 10.5 இரண்டு அழுத்தமளவிகள் (அ) பாதரசமுத்தங்காட்டி; (ஆ) திறந்தகுழாயழுத்தமளவி

அழுத்தங்காட்டியில் பாதரசத்தம்பம் கடலமட்டத்தில் சுமார் $76\ cm$ உயரமுள்ளதாக பரிசோதனையில் கண்டனர். இது ஒரு வளிக்கோளத்துக்கு (1 வகோ) சமானம். இதை ρ வின் மதிப்பை (10.8)ஆம் சமன்பாட்டில் இட்டும் காணலாம். பாதரசத்தின் (Hg) மிமீயாகவோ செமீயாகவோ குறிப்பது

அழுத்தத்தை குறிக்க பயன்படும் ஒரு வழக்கமான வழி. ஒரு மிமீ பாதரசத்துக்கு சமானமான அழுத்தத்தை தொரிச்செல்லியின் பெருமையில் 1 தொரி என்கிறோம்.

$$1 \text{ தொரி } = 133\, Pa$$

பாதரசமிமீயும் தொரியும் மருத்துவத்திலும் உடற்செயலியலிலும் பயன்படுகின்றன. வானிலை யியலில் பாரும் மில்லிபாரும் வழக்கமான அலகுகள்.

$$1 \text{ பார் } = 10^5\, Pa$$

ஒரு திறந்தகுழாயழுத்தமளவி அழுத்த வேறுபாடுகளை அளக்க பயனுள்ள ஒரு செங்கருவி. இதில் பொருத்தமான நீர்மமுள்ள ஒரு வளைபகரக்குழாய் உள்ளது. சிறிய அழுத்தவேறுபாடுகளை அளக்க நெய்யம் போன்ற அடர்குறைந்த நீர்மமும் பெரிய அழுத்தவேறுபாடுகளை அளக்க பாதரசம் போன்ற அடர்மிகுந்த நீர்மமும் பயன்படுகின்றன. குழாயின் ஒரு நுனி வளிக்கோளத்துக்கு திறந்திருக்கிறது. மறு நுனி அழுத்தமளக்க வேண்டிய அமைப்புடன் இணைகிறது (படம் 10.5(ஆ)). A யிலுள்ள அழுத்தம் P B என்ற புள்ளியின் அழுத்தத்துக்கு சமம். நாம் வழக்கமாக அளப்பது (10.8) ஆம் சமன்பாடு தரும் அளவியழுத்தமாகிய $P - P_{வ}$. இது அழுத்த மளவியின் h என்ற உயரத்துக்கு விழுக்காடானது.

பாய்மமடங்கிய குழாயின் இருபக்கங்க ளிலும் ஒரே மட்டத்தில் அழுத்தம் சமம். நீர்மங்களுக்கு அழுத்தமும் வெப்பநிலையும் அதிகமாக மாறும்போதும் அடர்வு சிறிதளவே மாறுகிறது. நாம் அதை மாறிலியாகவே கருதலாம். இதன் மறுபக்கமாக, வளிமங்களின் அடர்வு அழுத்தத் துடனும் வெப்பநிலையுடனும் பெரும் மாறுபாடு களை காட்டுகின்றது. எனவே, வளிமங்களைப் போலல்லாமல் நீர்மங்களை பெரும்பாலும் அமுக்கவியலாதவையாக கருதுகிறோம்.

சிக்கல் 10.3

கடலமட்டத்தில் வளிக்கோளத்தின் அடர்வு $1.29\ kg/m^3$. அது குத்துயரத்துடன் மாறவில்லை எனக்கொள்க. அப்படியெனில் வளிக்கோளத்தின் உயரம் என்ன?

தீர்வு

(10.7) ஆம் சமன்பாட்டை பயன்படுத்துவோம்.

$\rho g h = 1.29\ kg\ cm^{-3} \times 9.8\ m\ s^{-2} \times h\ m = 1.01 \times 10^5\ Pa$

எனவே, $h = 7989\ m \approx 8\ \ km$

உண்மையில், வளிமத்தின் அடர்வு உயரத் துடன் குறைகிறது. gயின் மதிப்பும் குறைகிறது. வளிக்கோளப்படலம் குறையும் அழுத்தத்துடன் 100 கிமீக்கு அதிகமான உயரத்துக்கு உள்ளது. கடலமட்டத்தில் வளிக்கோளத்தின் அழுத்தம் எப்போதும் $760\ mm\ Hg$ஆக இல்லை என்பதையும் நாம் நோக்கவேண்டும். அழுத்தம் $10\ mm$ஓ அதிக மாகவோ குறைவது புயல் வரப்போவதன் அறிகுறி.

சிக்கல் 10.4

ஒரு ஆழியில் $1000\ m$ ஆழத்தில் (அ) ஒப்பிலாவழுத்தம் என்ன? (ஆ) அளவியழுத்தம் என்ன? (இ) இந்த ஆழத்தில் ஒரு நீர்மூழ்கியின் உட்பக்க அழுத்தத்தை கடலமட்ட வளிக்கோள அழுத்தத்தில் வைத்திருக்கும்போது அதிலுள்ள $20\ cm \times 20\ cm$ பலகணியின்மீது செயலாற்றும் விசையை காண்க. (கடலநீரின் அடர்வு $1.03 \times 10^3\ kg\ m^{-3}$, $g = 10\ m\ s^{-2}$.)

தீர்வு

இங்கு, $h = 1000\ m$, $\rho = 1.03 \times 10^3 kg\ m^{-3}$.

(அ) (10.6)ஆம் சமன்பாட்டிலிருந்து ஒப்பிலா அழுத்தம்

$P = P_{வ} + \rho g h$

$= 1.01 \times 10^5\ Pa + 1.03 \times 10^3\ kg\ m^{-3} \times 10\ m\ s^{-2} \times 1000\ m$

$= 104.01 \times 10^5\ Pa = 104$ வகோ.

(ஆ) அளவியழுத்தம் $P_{அ} = P - P_{வ} = 103$ வகோ

(இ) நீர்மூழ்கிக்கு வெளியிலுள்ள அழுத்தம் $P = P_{வ} + \rho g h$. உள்ளிருக்கும் அழுத்தம் $P_{வ}$. எனவே, பலகணியின்மீது செயலாற்றும் நிகர அழுத்தம் அளவியழுத்தமான $P_{அ}$. பலகணி யின் பரப்பளவு $A = 0.04\ m^2$ என்பதால் அதன்மீது செயலாற்றும் விசை

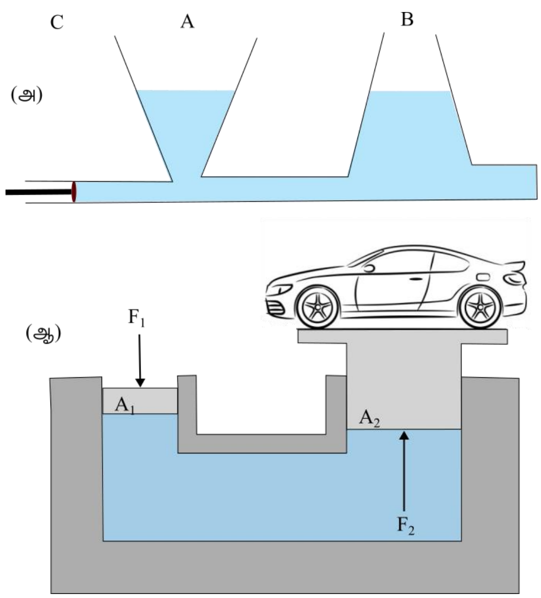
$$F = P_{அ} A = 103 \times 10^5\ Pa \times 0.04\ m^2 = 4.12 \times 10^5\ N$$

10.2.4 நீரழுத்த எந்திரங்கள்

இப்போது ஒரு கலனிலுள்ள பாய்மத்தின் அழுத்தத்தை மாற்றும்போது என்ன நிகழ்கிறது என்று கருதுவோம். ஒரு உந்துதண்டும் வெவ் வேறு இடங்களில் மூன்று நெடுநிற்பக்குழல்க ளும் படம் 10.6இல் காட்டியபடி உள்ள ஒரு கிடைமட்ட உருளையை கருதுக. கிடைமட்ட உருளையிலுள்ள அழுத்தத்தை நெடுநிற்பக் குழாய்களிலுள்ள நீர்மத்தம்பத்தின் உயரம் குறிக்கிறது. இது எல்லாவற்றிலும் சமமாயிருப் பது கட்டாயம். நாம் உந்துதண்டை அழுத்தினால், எல்லா குழாய்களிலும் நீர்மமட்டம் உயர்ந்து மூன்றிலும் ஒரே உயரத்தை மீண்டும் அடைகிறது.

உருளையிலுள்ள அழுத்தம் அதிகரிக்கும் போது அது சீராக விரவுவதை இது காட்டுகிறது. எனவே, நாம் ஒரு கலனிலுள்ள பாய்மத்தின் எந்தப்பகுதியிலும் வெளியழுத்தத்தை செலுத் தும்போது அது குறையாமலும் சமமாகவும் எல்லாத்திசைகளிலும் செல்கிறது என்று

சொல்லலாம். இது பாசுக்கல்விதியின் மற்றொரு வடிவம்; அன்றாட வாழ்வில் பல பயன்களுள்ளது.



படம் 10.6 (அ) ஒரு கலனிலுள்ள பாய்மத்தின் எந்தப்பகுதியிலும் செலுத்திய வெளியமுத்தம் எல்லாத்திசைகளிலும் சமமாக அனுப்பப்படுகிறது (ஆ)கனச்சுமைகளை உயர்த்த பயன்படும் நீரமுத்தவுயர்த்தியின் கொள்கையை எடுத்துக்காட்டும் திட்டப்படவரைவு

நீரமுத்தவுயர்த்தி, **நீரமுத்தத்தடுப்பி** போன்ற சில அமைகருவிகள் பாசுக்கல்விதியின் அடிப்படை யிலானவை. இந்த அமைகருவிகளில் அழுத்தங்களை அனுப்ப நீர்மங்கள் பயன்படு கின்றன. படம் 10.6இல் காட்டிய நீரமுத்த வுயர்த்தியில் இரண்டு உந்துதண்டுகளுக் கிடையில் நீர்மம் நிரப்பப்பட்டுள்ளது. A_1 என்ற சிறிய குறுக்கவெட்டுள்ள உந்துதண்டு F_1 என்ற விசையை நீர்மத்தின்மீது நேரடியாக செலுத்துகிறது. $P = F_1/A_1$ என்ற அழுத்தம் நீர்மம்முழுவதற்கும் பரவுவதால் அது A_2 என்ற பரப்பளவுள்ள பெரிய உந்துதண்டுள்ள பெரிய உருளைக்கும் பரவுகிறது. இது $P \times A_2$ என்ற மேனோக்கிய விசையை விளைவிக்கிறது. எனவே, உந்துதண்டு மேடையில் வைக்கப்பட்ட உந்துவண்டி போன்ற ஒரு பெரிய விசையை தாங்கும் இயன்மையுள்ளது. இந்த விசை $F_2 = PA_2 = F_1 A_2/A_1$. A_1இலுள்ள விசையை மாற்று வதன்மூலம் மேடையை மேலோ கீழோ நகர்த்தலாம். இவ்வாறு, செலுத்திய விசை A_2/A_1 என்ற காரணியால் அதிகரிக்கிறது. இந்த காரணி அமைகருவியின் எந்திரவியநன்மை. கீழ்க்கண்ட சான்று இதை தெளிவாக்குகிறது.

சிக்கல் 10.5

வெவ்வேறு குறுக்குவெட்டுள்ள இரண்டு (ஊசிகளற்ற) புகுத்துகுழல்களை நீரால் நிரப்பி அவற்றை இறுக்கமாகப்பொருத்திய நீர் நிரைந்த ஒரு தொய்வைக்குழலால் இணைக்கி றோம். உந்துதண்டுகளின் விட்டங்கள் $1.0\ cm$, $3.0\ cm$. (அ) சிறிய உந்துதண்டில் $10\ N$ விசையை செலுத்தும்போது பெரிய உந்துதண்டுக்கு செல்லும் விசையை காண்க. (ஆ) சிறிய உந்துதண்டை $6.0\ cm$ உள்ளே தள்ளினால் பெரிய உந்துதண்டு எவ்வளவு தொலைவு வெளியேறும்?

தீர்வு

(அ) பாய்மமுழுவதற்கும் அழுத்தம் குறையாமல் செலுத்தப்படுவதால்

$$F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1 = \frac{\pi\left(\frac{3}{2} \times 10^{-2}\ m\right)^2}{\pi\left(\frac{1}{2} \times 10^{-2} m\right)^2} \times 10\ N = 90\ N$$

(ஆ) நீரை கச்சிதமான அமுக்கத்தகாப் பாய்மமாக கருதலாம். சிறிய உந்துதண்டின் உண்ணோக்கிய அசைவின் பருமன் பெரிய உந்துதண்டின் வெளிநோக்கிய அசைவின் பருமனுக்கு சமம்.

$$L_1 A_1 = L_2 A_2$$

$$L_2 = \frac{A_1}{A_2} L_1 = \frac{\pi\left(\frac{1}{2} \times 10^{-2}\ m\right)^2}{\pi\left(\frac{3}{2} \times 10^{-2} m\right)^2} \times 6 \times 10^{-2}\ m$$

$$= 0.67 \times 10^{-2}\ m = 0.67\ cm$$

வளிக்கோள அழுத்தம் இரண்டு உந்து தண்டுகளுக்கும் பொதுவானதால் அதை புறக்கணித்தோம்.

சிக்கல் 10.6

ஒரு சிற்றுந்துத்தூக்கியில் அமுக்கவளி $5.0\ cm$ ஆரமுள்ள ஒரு சிறிய உந்துதண்டின் மீது F_1 என்ற விசையை செலுத்துகிறது. இந்த விசை $15\ cm$ ஆரமுள்ள இரண்டாம் உந்து தண்டுக்கு செல்கிறது. தூக்கவேண்டிய சிற்றுந்தின் நிறை $1350\ kg$ எனில், F_1ஐ கணக்கிடுக. இந்த செயலை நிறைவேற்ற தேவையான அழுத்தம் என்ன? $(g = 9.8\ m\ s^{-2})$.

தீர்வு

பாய்மமுழுவதற்கும் அழுத்தம் குறையாமல் செலுத்தப்படுவதால்

$$F_1 = \frac{A_2}{A_1} F_2 = \frac{\pi(5 \times 10^{-2}\ m)^2}{\pi(15 \times 10^{-2} m)^2} \times (1350\ kg \times 9.8\ m\ s^{-2}) = 1470\ N = 1.5 \times 10^3\ N$$

இந்த விசையை உண்டாக்கும் வளியமுத்தம்

$$P = \frac{F_1}{A_1} = \frac{1.5 \times 10^2\ N}{\pi(5 \times 10^{-2})^2\ m} = 1.9 \times 10^5\ P$$

இது வளிக்கோள அழுத்தத்தின் கிட்டத்தட்ட இரண்டு மடங்கு.

தானுந்துகளில் நீரழுத்தத்தடுப்பிகளும் இதே கொள்கைகளால் வேலைசெய்கின்றன. நம் பாதத்தால் மிதிகட்டையின்மீது ஒரு சிறு விசையை செலுத்தும்போது மேலியவுருளையி லுள்ள மேலியவுந்துதண்டு அசைகிறது. இதனால் உண்டாகும் அழுத்தம் தடுப்பிநெய்யத்தின்வழி பரவி பெரிய பரப்பளவுள்ள உந்துதண்டில் செயலாற்றுகிறது. உந்துதண்டில் ஒரு பெரிய விசை செயலாற்றி தடுப்பிக்கட்டைகளை தடுப்பியுட்படலத்தின்மீது அமுக்குகிறது. இவ்வாறு, மிதிகட்டையில் செலுத்திய சிறு விசை சக்கரத்தில் பெரிய வேகக்குறைப்பு விசையை உண்டாக்குகிறது. ஒரு முக்கியமான நன்மை என்னவென்றால், மிதிகட்டையை அமுக்கு வதால் ஏற்படும் அழுத்தம் நான்கு சக்கரங்களுடன் இணைக்கப்பட்ட எல்லா உருளைகளுக்கும் சமமாக பரவுவதால் எல்லாச்சக்கரங்களிலும் தடுப்பிமுயற்சி சமமாகிறது.

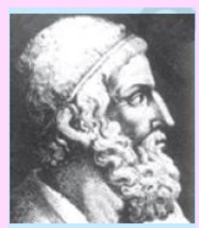
ஆர்க்கிமீடியின் கொள்கை

பாய்மம் தன்மீது வைக்கப்பட்ட பொருளை ஓரளவுக்கு தாங்குவதாக தோன்றுகிறது. ஒரு பொருள் ஓய்விலுள்ள பாய்மத்தினுள் முற்றிலுமோ பகுதியாகவோ மூழ்கியிருக்கும்போது பாய்மத் துடன் தொடுகையிலிருக்கும் பொருளின் பரப்பின் மீது பாய்மம் ஒரு விசையை செலுத்துகிறது. பாய்மத்திலுள்ள அழுத்தம் ஆழத்துடன் அதிகரிப் பதால் பொருளின் பரப்பின்மீதான அழுத்தத்தை விட கீழ்ப்பரப்பின்மீதான அழுத்தம் அதிகம். எல்லா விசைகளின் விளைவுமம் மிதத்தல்விசை எனப்படும் ஒரு மேனோக்கிய விசை. ஒரு உருளைவடிவப் பொருள் பாய்மத்தில் மூழ்கியிருப் பதை கருதுக. உருளையின் அடிப்பாகத்திலுள்ள விசை மேற்பாகத்திலுள்ள விசையைவிட அதிக மாவதால், பாய்மம் உருளையின்மீது $(P_2 - P_1) \times A$ என்பதற்கு சமமான மிதப்புவிசையை மேனோக்கி செலுத்துகிறது (படம் 10.3). இது $(P_2 - P_1) \times A = \rho g h A$ என்று கண்டோம். இப்போது hA திண்மத் தின் பருமன். $\rho h A$ என்பது பாய்மத்தின் சமான மான பருமனின் எடை. எனவே, $(P_2 - P_1) \times A = mg$. அதாவது, பாய்மம் செலுத்தும் மேனோக்கிய விசை விலக்கப்பட்ட பாய்மத்தின் எடைக்கு சமம்.

இந்த விளைவு பொருளின் எல்லா வடிவங்களுக்கும் உண்மையாகிறது. இங்கு வசதிக்காகவே உருளையை கருதினோம். இது ஆரக்கிமீடிசின் கொள்கை. முற்றிலும் மூழ்கியுள்ள பொருளுக்கு பொருள் விலக்கும் பாய்மத்தின் பருமன் பொருளின் பருமனுக்கு சமமாகிறது. மூழ்கிய பொருளின் அடர்வு பாய்மத்தின் அடர்வைவிட அதிகமெனில், பொருளின் எடை மேனோக்கிய தள்ளமுக்க லைவிட அதிகமாவதால் பொருள் ஆழ்கிறது. பொருளின் அடர்வு (ρ_s) பாய்மத்தின் அடர்வைவிட (ρ_f) குறைவெனில், அதன் ஒரு பகுதி அமிழ்ந்து மிதக்கிறது. மூழ்கிய பருமனை கணக்கிட, பொருளின் மொத்தப் பருமன் V_s என்றும் பாய்மத்தில் அமிழ்ந்த பருமன் V_p என்றும் கொள்வோம். அப்படி யெனில், விலக்கப்பட்ட பாய்மத்தின் எடையான மேனோக்கிய விசை $\rho_f g V_p$. இது பொருளின் எடைக்கு சமமாகவேண்டும். எனவே, $\rho_s g V_s = \rho_f g V_p$. அதாவது $\rho_s / \rho_f = V_p / V_s$. மிதக்கும் பொருளின் தோற்ற எடை சுழியம்.

இந்த கொள்கையை முற்றிலுமோ பகுதியாகவோ அமிழ்ந்த பொருள் இழப்பதாக தோன்றும் எடை அது விலக்கும் பாய்மத்தின் எடைக்கு சமம் என்று சுருங்கவுரைக்கலாம்.

ஆர்க்கிமீடிசு (கி. மு. 287-212)

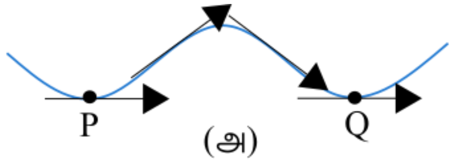


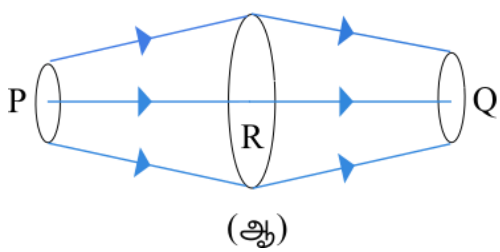
ஆர்க்கிமீடிசு ஒரு கிரேக்க தத்துவரும் கணிதரும் அறிவியலரும் பொறியியலருமாக விளங் கினார். அவர் கவண் பொறியை கண்டாக்கி னார்; கனச்சுமைகளை கையாள கப்பிகளும் நெம்புகோல்களும் அடங் கிய ஒரு அமைப்பை வடிவமைத்தார். இவரது சொந்த நகரமான சிரக்கியூசின் அரசரான இரண்டாம் இயரோ தன் மகுடத்தில் தூய தங்கமே உள்ளதா வெள்ளிபோன்ற வேறு விலைகுறைந்த மாழை சேர்ந்துள்ளதா என்று மகுடத்துக்கு சேதமேற்படுத்தாமல் கண்டு பிடிக்கும்படி இவரை கேட்டார். இதற்கான தீர்வை இவர் தொட்டியில் மூழ்கி குளிகும்போது தன் எடை குறைந்ததிலிருந்து கண்டுபிடித்தார். கதையின்படி, இவர் உடனே தொட்டியிலிருந்து எழுந்து ஆடையணியாமல் சிரக்கியூசின் தெருக்களின்வழி 'கண்டு கொண்டேன், கண்டுகொண்டேன்' என்ற பொருளுள்ள 'இயூரிக்கா, இயூரிக்கா' என்ற சொல்லை உரக்கச்சொல்லிக்கொண்டு அரசவையைநோக்கி ஓடினாராம்.

10.3 சீரோட்டப்பாய்வு

இதுவரை நாம் ஓய்விலுள்ள பாய்மங்களை படித்தோம். அசையும் பாய்மங்களைப்பற்றிய படிப்பை பாய்மவியங்கியல் என்கிறோம். நீர்க்குழாயை மெதுவாக திறக்கும்போது நீர் தொடக்கத்தில் சீராக பாய்கிறது. வெளிப்பாய் வின் வேகம் அதிகரிக்கும்போது அது சீர்மையை இழக்கிறது. நீர்மத்தின் அசைவை படிக்கும் போது ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்திலுள்ள பாய்மத்துகள்களுக்கு என்ன நேர்கிறது என்பதில் கவனஞ்செலுத்துகிறோம். எந்தவொரு இடத்தையும் கடக்கும் ஒவ்வொரு பாய்மத்துகளின் திசைவேகமும் நேரத்துடன்

மாறிலியாயிருந்தால் அந்தப்பாய்வை **சீருறுதிப் பாய்வு** என்கிறோம். இதற்கு வெவ்வேறு இடங்களில் ஒரே திசைவேகம் நிலவுகிறது என்ற பொருளில்லை. ஒரு துகளின் திசைவேகம் அது ஓரிடத்திலிருந்து மற்றோரிடத்துக்கு செல்லும் போது மாறலாம். அதாவது வேறொரு இடத்தில் அதே துகளுக்கு வேறு திசைவேகம் இருக்கலாம். ஆனால் அடுத்துவரும் துகள்கள் அதே புள்ளியை கடந்த முந்தைய துகள்களைப்போலவே நடந்து கொள்கின்றன. ஒவ்வொரு துகளும் ஒரு சீரான பாதையை பின்பற்றுகிறது. துகள்களின் பாதைகள் ஒன்றுடனொன்று குறுக்கிடுவதில்லை.





படம் 10.7 சீரோட்டப்பாய்வு. (அ) ஒரு பாய்மத்துகளின் வழக்கமான வீசுபாதை. (ஆ) சீரோட்டப்பாய்வின் ஒரு வட்டாரம்

சீருறுதிப்பாய்வில் ஒரு துகளின் வீசுபாதையை **சீரோட்டம்** என்கிறோம். இதை எந்தப்புள்ளியிலும் பாய்மத்திசைவேகம் தொடுகோடாகவுள்ள ஒரு வளைவரை என்று வரையறுக்கிறோம். படம் 10.7(அ)வில் காட்டியபடி ஒரு துகளின் பாதையை கருதுக. இந்த வளைவரை ஒரு பாய்மத்துகள் நேரத்துடன் எவ்வாறு அசைகிறது என்று காட்டுகிறது. PQ என்ற வளைவரை பாய்மப்பாய்வின் ஒரு நிரந்தரமான வரைபடத்தைப்போன்றது. எந்த இரண்டு சீரோட்டங்களும் குறுக்கிடவியலாது. குறுக்கிட்டால் அந்த இடத்துக்கு வரும் ஒரு துகள் இரண்டில் எந்த வழியிலும் செல்லலாம்; அப்போது பாய்வு சீருறுதியாக இருக்காது. எனவே, சீருறுதிப்பாய்வில் பாய்வின் வரைபடம் நேரத்துடன் கிடப்பானவை. அருகருகேயுள்ள சீரோட்டங்களை நாம் எவ்வாறு வரையலாம்? பாயும் ஒவ்வொரு துகளின் சீரோட்டத்தையும் காட்ட விரும்பினால் கோடுகளின் ஒரு தொடர்வத்தையே பெறுவோம். பாய்மப்பாய் வின் திசைக்கு செங்குத்தான தளங்களை, சான்றாக படம் 10.7(ஆ)விலுள்ள P, R, Q ஆகிய புள்ளிகளை, கருதுக. இந்த தளத்துண்டுகளின் வரப்புகளில் அதே சீரோட்டங்கள் இருக்குமாறு அவற்றை தேர்ந்திருக்கிறோம். இதனால் P, R, Q என்ற புள்ளிகளில் காட்டிய தளத்துண்டுகளை கடக்கும் துகள்கள் அதே எண்ணிக்கையானவை என்று பொருளாகிறது. இந்தப்புள்ளிகளில் குறுக்குவெட்டுப்பரப்பளவுகள் A_P, A_R, A_Q என்றும் பாய்மத்துகள்களின் வேகங்கள் v_P, v_R, v_Q என்றும் இருந்தால், Δt என்ற சிறு நேர இடைவெளியில் A_P யை கடக்கும் பாய்மத்தின் Δm_P என்ற நிறை $\rho_P A_P v_P \Delta t$. இதைப்போலவே, Δtயில் A_Rஇன்வழி $\Delta m_R = \rho_R A_R v_R \Delta t$ நிறையும் A_Qவின்வழி $\Delta m_Q = \rho_Q A_Q v_Q \Delta t$ நிறையும் கடக்கின்றன. எல்லா வேற்றுவங்களிலும் உள்வரும் பாய்மத்தின் நிறையும் வெளியேறும் பாய்மத்தின் நிறையும் சமம். எனவே,

$$\rho_P A_P v_P \Delta t = \rho_R A_R v_R \Delta t = \rho_Q A_Q v_Q \Delta t \quad (10.9)$$

அமுங்காப்பாய்மங்களின் பாய்வுகளுக்கு $\rho_P = \rho_R = \rho_Q$ என்பதால் (10.9)ஆம் சமன்பாடு

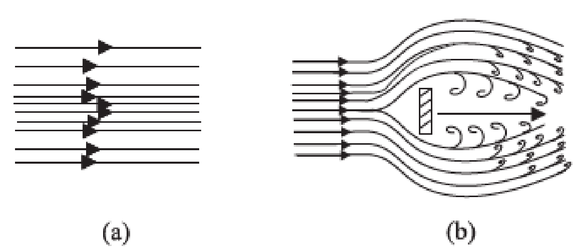
$$A_P v_P = A_R v_R = A_Q v_Q \quad (10.10)$$

என்று குறைகிறது. இதை **தொடர்ச்சிமைச் சமன்பாடு** என்கிறோம். இது அமுங்காப் பாய்மங்களின் பாய்வுகளில் நிறையழியாக் காப்பின் ஒரு கூற்று. பொதுவாக

$$Av = \text{மாறிலி} \quad (10.11)$$

Av பருமனின் பாயம்; அதாவது பாய்வுவீதம். இது பாய்வின் குழாயில் மாறிலியாக நிலைக்கிறது. எனவே, சீரோட்டங்கள் நெருக்கமாயுள்ள குறுகிய பகுதிகளில் திசைவேகம் அதிகரிக்கிறது; திருப்பியவாறும். படம் 10.7(ஆ)விலிருந்து $A_R > A_Q$ என்பதும் $v_R < v_Q$ என்பதும் தெளிவாகின்றன. அதாவது, பாய்மம் Rஇலிருந்து Qவுக்கு செல்லும்போது முடுக்கமடைகிறது. இது கிடைமட்டக் குழாய்களில் பாய்மத்தின்போது அழுத்தம் மாறுபடுவதுடன் தொடர்பானது.

சீருறுதிப்பாய்வை சிறு பாய்வுவேகங்க ளிலே பெறுகிறோம். உய்யவேகம் எனப்படும் ஒரு வரம்புமதிப்புக்குமேல் பாய்வு சீருறுதியை இழந்து **கொந்தளிப்**பாகிறது. வேகமாக அசையும் ஓடை ஒரு கல்லை எதிர்கொள்ளும் போது வெண்ணீர்விரைவி எனப்படும் நுரையான சுழல்போன்ற ஒரு வட்டாரத்தை நாம் காணலாம்.



படம் 10.8 (அ) பாய்மப்பாய்வுக்கான சில சீரோட்டங்கள் (ஆ) ஒரு வளித்தாரை அதற்கு

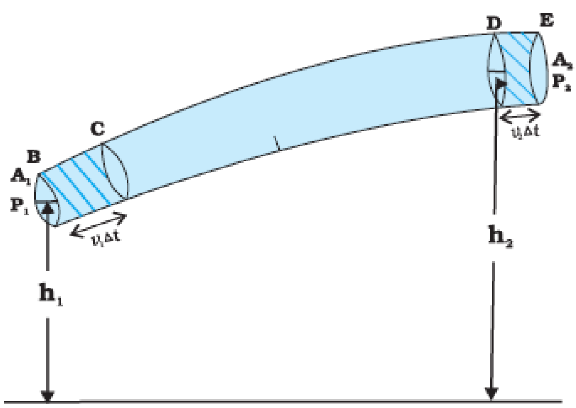
செங்குத்தான ஒரு தட்டைத்தட்டில் அடித்தல். இது கொந்தளிப்புப்பாய்வுக்கு ஒரு சான்று.

படம் 10.8 இருவகையான பாய்வுகளை காட்டுகிறது. படம் 10.8(அ) தாளடுக்கப்பாய்வு எனும் சீரோட்டப்பாய்வை காட்டுகிறது. இங்கு வெவ்வேறு சீரோட்டங்கள் வெவ்வேறு பருமனளவிலிருப்பினும் அவை எல்லாம் ஒரே திசையிலிருக்கின்றன. படம் 10.8(ஆ) ஒரு கொந்தளிப்புப்பாய்வின் உருவரையை காட்டுகிறது.

10.4 பெருனூலியின் கொள்கை

பாய்மப்பாய்வு ஒரு உட்சிக்கலான தோற்றப்பாடு. ஆனால் சீருறுதிப்பாய்வின் (சீரோட்டப்பாய்வின்) சில பயனுள்ள பண்புகளை ஆற்றலழியாக்காப்பை பயன்படுத்தி பெறலாம்.

மாறுபடும் குறுக்குவெட்டுப்பரப்பளவுள்ள ஒரு குழாயில் அசையும் பாய்மத்தை கருதுக. படம் 10.9இல் காட்டியபடி குழாய் வெவ்வேறு உயரங்களில் இருக்கிறது. ஒரு அமுங்காப் பாய்மம் குழாயின்வழியாக சீருறுதியான பாய்வில் பாய்வதாக கொள்வோம். அதன் திசைவேகம் மாறவேண்டும் என்பது தொடர்ச்சிமைச் சமன்பாட்டின் பினைவிளைவு. இந்த முடுக்கத்தை உண்டாக்க ஒரு விசை தேவை. அமுத்தம் வெவ்வேறு வட்டாரங்களில் வெவ்வேறாயிருக்கவேண்டும். பெருனூலியின் சமன்பாடு குழாயின் இரண்டு புள்ளிகளிடை யான அமுத்த வேறுபாட்டை திசைவேகமாற் றங்களுடனும் (இயக்கவாற்றலின் மாறுபாடு) உயரத்துடனும் (இயன்மவாற்றலின் மாறுபாடு) உறவாக்கும் ஒரு பொதுவான சமன்பாடு. சுவிச இயற்பியலாளரான தேனியல் பெருனூலி 1738இல் இந்த உறவை வளராக்கினார்.



படம் 10.9 மாறுபடும் குறுக்குவெட்டுள்ள குழாயில் ஒரு நல்லியல்புப்பாய்மத்தின் பாய்வு. Δt என்ற நேரத்தில் $v_1\Delta t$ என்ற பகுதியிலுள்ள பாய்மம்

BC என்று குறித்த முதல் வட்டாரத்திலும் DE என்று குறித்த இரண்டாம் வட்டாரத்திலுமுள்ள பாய்வை கருதுக. தொடக்கத்தில் B, D ஆகிய புள்ளிகளுக்கிடையில் கிடக்கும் பாய்மத்தை கருதுக. Δt என்ற நேர இடைவெளியில் இந்த பாய்மம் அசைவதை கருதுவோம். B, D ஆகிய புள்ளிகளில் பாய்மத்தின் வேகம் முறையே v_1, v_2 என்க. அப்படியெனில் தொடக்கத்தில் Bயிலிருந்து பாய்மம் $v_1\Delta t$ தொலைவை கடந்து Cயை அடைகிறது. BCயில் குறுக்குவெட்டு மாறிலியாயிருக்குமளவுக்கு $v_1\Delta t$ சிறியது என்று கொள்வோம். அதே Δt என்ற இடைவெளியில் தொடக்கத்தில் D யிலிருந்த பாய்மம் $v_2\Delta t$யை கடந்து Eயை அடைகிறது. இரண்டு வட்டாரங்களின் வரப்புகளான A_1, A_2 என்ற பரப்பளவுகளுள்ள தளங்களிலுள்ள அமுத்தங்கள் படத்தில் P_1, P_2 என்று குறிக்கப்பட்டுள்ளன. இடப்பக்கநுனியில் (BC) பாய்மத்தின்மீது செய்யப்படும் வேலை $W_1 = P_1A_1(v_1\Delta t) = P_1\Delta V$. இரண்டு வட்டாரங்களிலும் (தொடர்ச்சிமையால்) ΔV என்ற ஒரே பருமன் கடப்பதால், மறுநுனியில் (DE) பாய்மம் செய்யும் வேலை $W_2 = P_2A_2(v_2\Delta t) = P_2\Delta V$; அதாவது, பாய்மத்தின்மீது செய்யப்பட்ட வேலை $-P_2\Delta V$. எனவே, பாய்மத்தின்மீது செய்யப்பட்ட மொத்த வேலை

$$W_1 - W_2 = (P_1 - P_2)\Delta V$$

இந்த வேலையின் ஒரு பகுதி பாய்மத்தின் இயக்கவாற்றலை மாற்றுகிறது; மற்றப்பகுதி புவியீர்ப்பியன்மவாற்றலை மாற்றுகிறது. பாய்மத்தின் அடர்வு ρ எனில், குழாயின்வழி Δt என்ற நேரத்தில் கடக்கும் நிறை $\Delta m = \rho A_1 v_1 \Delta t = \rho\Delta V$. புவியீர்ப்பியன்மவாற்றலின் மாற்றம்

$$\Delta U = \rho g \Delta V(h_2 - h_1)$$

இயக்கவாற்றலின் மாற்றம்

$$\Delta K = \rho \Delta V(v_2^2 - v_1^2)$$

பாய்மத்தின் இந்த பருமனுக்கு நாம் வேலையாற்றலின் தேற்றத்தை (ஆறாம் படலம்) பயன்படுத்தி

$$(P_1 - P_2)\Delta V = \frac{1}{2}\rho\Delta V(v_2^2 - v_1^2) + \rho g \Delta V(h_2 - h_1)$$

என்றும், இரண்டு பக்கமும் ΔVயால் வகுத்து

$$(P_1 - P_2) = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) + \rho g(h_2 - h_1)$$

என்றும் பெறுகிறோம். உருபுகளை மாற்றடுக்கி

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 \quad (10.12)$$

என்ற பெருனூலியின் சமன்பாட்டை பெறுகிறோம். 1உம் 2உம் குழாய்த்தொடரின் எந்த இரண்டு புள்ளிகளையும் குறிக்கலாம் என்பதால், பொதுவாக இந்த சமன்பாட்டை

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h = \text{மாறிலி} \qquad (10.13)$$

என்று எழுதலாம். சொற்களில் பெருனூலியின் உறவை கீழ்க்கண்டவாறு கூறலாம்: சீரோட்டத்தின் பாதையில் அழுத்தம், அலகுப்பருமனின் இயக்க வாற்றல் $\left(\rho v^2/_2\right)$, அலகுப்பருமனின் இயன்மவாற்றல் $(\rho g h)$ ஆகியவற்றின் கூட்டல் மாறிலியாக தொடர்கிறது.

ஆற்றலழியாக்காப்பு என்ற கொள்கையை பயனாக்குவதில் உராய்வினால் ஆற்றலிழப்பு இல்லை என்ற எடுகோள் உள்ளது என்பதை நோக்குக. ஆனால் உண்மையில், பாய்மங்கள் பாயும்போது உள்ளுராய்வின் காரணமாக ஆற்றலில் சிறிது இழப்பு நிகழவேசெய்கிறது. பாய்மப்பாய்வில் வெவ்வேறு படலங்கள் வெவ்வேறு திசைவேகங்களில் பாய்கின்றன என்ற உண்மையிலிருந்து இது எழுகிறது. இந்த படலங்கள் ஒன்றின்மீதொன்று உராய்வுவிசைகளை செலுத்தி ஆற்றலிழப்பை ஏற்படுத்துகின்றன. பாய்மத்தின் இந்த பண்பை பாகுமை என்கிறோம். இதைப்பற்றி பின்வரும் ஒரு பகுதியில் நாம் விவரமாக உரையளிப்போம். பாய்மம் இழக்கும் இயக்கவாற்றல் வெப்பமாக மாறுகிறது. இவ்வாறு, பெருனூலியின் சமன்பாடு நல்லியல்பாக சுழியப்பாகுமையுள்ள பாய்மங்களுக்கே பயனாகிறது; அதாவது பாகுமையற்ற பாய்மங்களுக்கு பயனாகிறது. பெருனூலியின் தேற்றத்தின் பயன்பாட்டுக்கு மற்றொரு நெறிப்புறுத்தம் பாய்மங்கள் அமுங்காதவையாக இருக்கவேண்டும் என்பது; ஏனெனில், பாய்மங்களின் மீண்மவாற்றலையும் நாம் கருத்திலெடுக்கவில்லை. நடைமுறையில் இந்த சமன்பாட்டுக்கு மிகப்பல பயனுள்ள பயன்பாடுகள் உள்ளன. குறைந்த பாகுமையுள்ள அமுங்காப்பாய்மங்களின் பலவிதமான தோற்றப்பாடுகளை விளக்க இது உதவுகிறது. பெருனூலியின் சமன்பாடு சீருறுதியற்ற பாய்வுக்கு, அதாவது கொந்தளிப்புப்பாய்வுக்கு பயனாகவில்லை; ஏனெனில் இந்த நிலைமையில் திசைவேகமும் அழுத்தமும் நேரத்துடன் இடைவிடாமல் துடிமாறிக்கொண்டிருக்கின்றன.

ஒரு பாய்மம் ஓய்விலிருக்கும்போது, அதாவது அதன் திசைவேகம் எல்லாவிடங்களிலும் சுழியமாகும்போது, பெருனூலியின் சமன்பாடு

$$P_1 + \rho g h_1 = P_2 + \rho g h_2$$
$$(P_1 - P_2) = \rho g (h_2 - h_1)$$

இதுவும் (10.6)ஆம் சமன்பாடும் ஒன்றே.

தேனியல் பெருனூலி (1700-1782)

தேனியல் பெருனூலி ஒரு சுவிச அறிவியலரும் கணிதரும். இவரும் இலியோனாடு ஆயிலரும் பிரான்சிய அறிவகத்தின் கணிதத்துக்கான பரிசை 10 முறை பெற்ற பெருமையுள்ளவர்கள். இவர் மருத்துவத்தையும் பயின்று சுவிட்சர்லாந்தியுள்ள பாசிலில் உடற்கூறியலிலும் தாவரவியலிலும் பேராசிரியராக சிறிது காலம் பணியாற்றினார். நீர்மவியங்கியலில் இவரது பங்களிப்பு புகழ்பெற்றது. ஆற்றலழியாக் காப்பு என்ற ஒரேயொரு கொள்கையிலிருந்து இந்த துறையை இவர் வளராக்கினார். இவர் நுண்கணிதம், நிகழ்தகவு, அதிரும் கம்பிகளின் கோட்பாடு, பயன்பாட்டுக்கணிதம் ஆகியவற்றிலும் பங்களித்திருக்கிறார். இவர் கணிதவியற்பியலின் தந்தை என்று அழைக்கப்பட்டிருக்கிறார்.

10.4.1 வெளிப்பாயவேகமும் தொரிச்செல்லியின் விதியும்

தொரிச்செல்லி திறந்த தொட்டியிலிருந்து வெளிப்பாய்வின் வேகத்தை தரும் வாய்ப்பாடு கட்டின்றி வீழும் ஒரு பொருளின் வாய்ப்பாட்டுடன் முற்றொருமையானது என்று கண்டுபிடித்தார். ஒரு கொள்கலனில் ρ அடர்வுள்ள ஒரு நீர்மம் இருப்பதாகவும் அதன் பக்கவாட்டில் அடிப்பாகத்திலிருந்து y_1 உயரத்தில் ஒரு சிறு துளை இருப்பதாகவும் கருதுக (படம் 10.10). நீர்மத்தின் பரப்பு y_2 உயரத்திலும் அதற்கு மேலுள்ள வளி P அழுத்தத்திலும் உள்ளன. தொடர்ச்சிமைச் சமன்பாடான (10.10)ஆம் சமன் பாட்டிலிருந்து

$$v_1 A_1 = v_2 A_2, \qquad \text{அதாவது } v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1$$

என்று அறிகிறோம்.

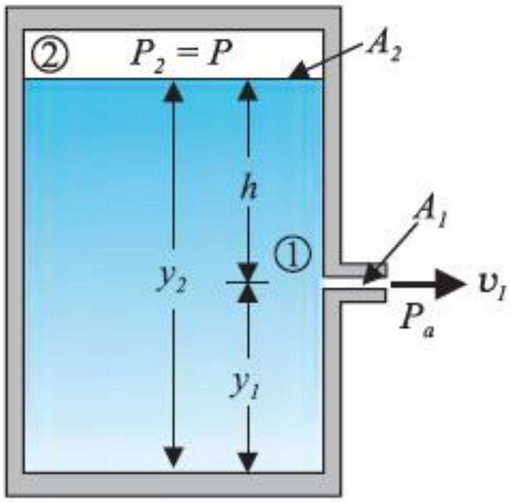
தொட்டியின் குறுக்குவெட்டுப்பரப்பளவு துளையின் குறுக்குவெட்டுப்பரப்பளவைவிட மிகவும் அதிகம் $(A_2 \gg A_1)$ எனில், பாய்மம் மேற்பகுதியில் தோராயமாக ஓய்விலிருப்பதாக, அதாவது $v_2 = 0$ என்று எடுகொள்ளலாம். இப்போது பெருனூலியின் சமன்பாட்டை 1, 2 ஆகிய புள்ளிகளில் பயனாக்கியும் துளையில் $P_1 = P_{வ}$ என்பதை நோக்கியும், (10.12) ஆம் சமன்பாட்டிலிருந்து

$$P_{வ} + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = P + \rho g y_2$$

என்று காண்கிறோம். $y_2 - y_1 = h$ என்று கொண்டு

$$v_1 = \sqrt{2gh + \frac{2(P - P_a)}{\rho}} \qquad (10.14)$$

என்று பெறுகிறோம்.



படம் 10.10 தொரிச்செல்லியின் விதி. ஒரு கொள்கலனின் பக்கவாட்டிலிருந்து வெளிப்பாய்வின் v_1 என்ற வேகத்தை பெருனூலிச்சமன்பாட்டிலிருந்து பெறுகிறோம். கொள்கலன் மேலே வளிக்கோளத்துக்கு திறந்திருந்தால் $v_1 = \sqrt{2gh}$.

$P \gg P_{வ}$ என்றும் $2gh$ புறக்கணிக்கத்தக்க வாறும் இருக்கும்போது வெளிப்பாய்வின் வேகத்தை கொள்கலனின் அழுத்தம் தீர்மானிக்கிறது. இவ்வாறான நிலைமையை ஏவூர்தியுந்தலில் காண்கிறோம். இதன் மறுபக்கமாக, தொட்டி வளிக்கோளத்தில் திறந்திருந்தால், $P = P_{வ}$; அப்போது,

$$v_1 = \sqrt{2gh} \qquad (10.15)$$

கட்டின்றி வீழும் பொருளின் வேகமும் இதுவே. (10.15)ஆம் சமன்பாடு **தொரிச்செல்லி யின் விதி**.

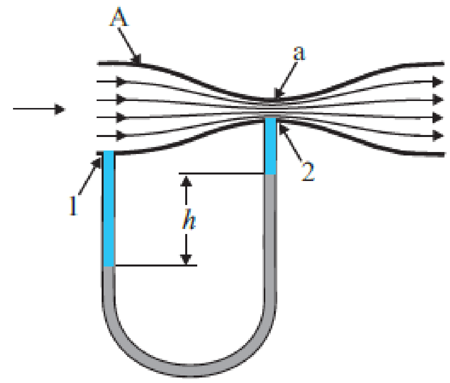
10.4.2 வெஞ்சுரியளவி

வெஞ்சுரியளவி என்பது அமுங்காப் பாய்மத்தின் வேகத்தை அளக்க பயன்படும் ஒரு அமைகருவி. இதிலுள்ள அகலவிட்டமுள்ள ஒரு குழலின் நடுவில் ஒரு சிறு நெறிப்பு உள்ளது (படம் 10.11). வளைபகரக்குழாயின் வடிவிலான ஒரு அழுத்தளவி யும் அதனுடன் இணைந்துள்ளது. அழுத்தளவியின் ஒரு கை குழலின் அகலப் புள்ளியிலும் மறு கை நெறிப்புக்கழுத்திலும் இணைந்துள்ளன. அழுத்தளவி யில் ρ_m அடர்வுள்ள ஒரு நீர்மம் உள்ளது. குழலின் அகலப்புள்ளியின் A என்ற பரப்பின் வழியாக பாயும் நீர்மத்தின் வேகமான v_1ஐ அளக்கவேண்டும். தொடர்ச்சிமைச்சமன் பாடான (10.10)ஆம் சமன்பாட்டிலிருந்து குறுங்கழுத்தில் வேகம் $v_2 = A/_a \, v_1$ என்றாகிறது. அப்படியெனில், பெருனூலியின் சமன்பாடான (10.12)ஆம் சமன்பாட்டை பயன் படுத்தி, $h_1 = h_2$ என்றபோது

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 \left(\frac{A}{a}\right)^2$$

என்று பெறுகிறோம். எனவே

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho v_1^2 \left(\left(\frac{A}{a}\right)^2 - 1\right) \qquad (10.16)$$



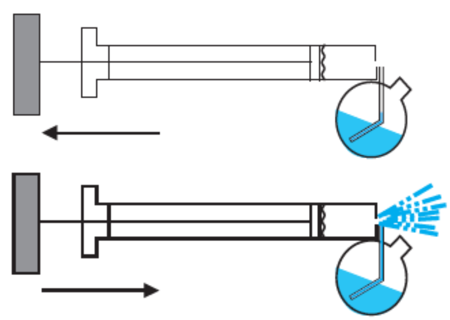
படம் 10.11 வெஞ்சுரியளவியின் திட்டப்படவரைவு

இவ்வாறு, அழுத்தவேறுபாடு குறுங்கழுத்தில் இணைந்த வளைபகரக்குழாயின் கையில் மற்றக் கையின் ஒப்பீட்டில் நீர்மத்தை ஏறச்செய்கிறது. h என்று குறித்த உயரவேறுபாடு அழுத்தவேறுபாட்டின் ஒரு அளவீடு.

$$P_1 - P_2 = \rho_m gh = \frac{1}{2}\rho v_1^2 \left(\left(\frac{A}{a}\right)^2 - 1\right)$$

எனவே அகலக்கழுத்தில் பாய்மத்தின் வேகம்

$$v_1 = \sqrt{\frac{2\rho_m gh}{\rho}} \left(\left(\frac{A}{a}\right)^2 - 1\right)^{-\frac{1}{2}} \qquad (10.17)$$



படம் 10.12 தூவெய்வி. உந்துதண்டு வளியை அதிவேகமாக செலுத்துகிறது. இதனால் கொள்கலனின் கழுத்துப்பகுதியில் அழுத்தம் குறைகிறது.

இந்த அளவியின்பின்னுள்ள கொள்கைக்கு பல பயன்பாடுகள் உள்ளன. தானுந்தின் எரிகலப்பியில் ஒரு வெஞ்சுரிமூக்கு உள்ளது. இதன்வழியாக வளி அதிவேகமாக பாய்கிறது. குறுங்கழுத்தில் அழுத்தம் குறைந்து எரிசல்

அறைக்குள் உட்கவரப்பட்டு வளியும் எரிமமும் சேர்ந்த கலவை எரிதலுக்குத்தேவையான சரியான விகிதத்தில் அமைகிறது. உட்கவர் குழல்கள், புன்சனெரிப்பி, அணுவாக்கிகள், நறுமணத்தூவிகள் (படம் 10.12), பூச்சிக் கொல்லித்தூவிகள் போன்றவை இதே கொள்கையில் செயலாற்றுகின்றன.

சிக்கல் 10.7

குருதித்திசைவேகம்: ஒரு உணர் மறைத்த நாயின் பெரிய தமனியின் குருதிப் பாய்வை ஒரு வெஞ்சுரியளவியின்வழியாக வழிமாற்றுகிறோம். அளவியின் அகலப்பகுதி யின் குறுக்குவெட்டுப்பரப்பளவான A தமனியின் $8\,mm^2$க்கு சமம். குறுகிய பகுதியின் பரப்பளவு $a = 4\,mm^2$. தமனியில் அழுத்தக்குறைவு $24\,Pa$. தமனியில் குருதியின் வேகம் என்ன?

தீர்வு

குருதியின் அடர்வை அட்டவணை 10.1இலிருந்து எடுத்து $1.06 \times 10^3\ kg\ m^{-3}$ என்று காண்கிறோம். பரப்பளவுகளின் விகிதம் $A/a = 2$. (10.17) ஆம் சமன்பாட்டை பயன்படுத்தி

$$v_1 = \sqrt{\frac{2 \times 24\,Pa}{1060\ kg\ m^{-3} \times (2^2 - 1)}} = 0.123\ m\ s^{-1}$$

என்று காண்கிறோம்.

10.4.3 குருதிப்பாய்வும் மாரடைப்பும்

பெருணூலியின் கொள்கை தமனியில் குருதிப்பாய்வை விளக்க உதவுகிறது. தமனியின் உட்சுவர்களில் பற்றுப்படலங்கள் சேர்வதால் தமனி நெறிப்புறலாம். இந்த நெறிப்பைக்கடந்து குருதியை எக்கியோட்ட இதயத்துக்கு அதிக முயற்சி தேவைப்படுகிறது. இந்த வட்டாரத்தில் குருதிப் பாய்வின் வேகம் அதிகரிப்பதால் உள்ளழுத்தம் குறைந்து வெளியழுத்தத்தால் தமனி வீழ்சுருங்க லாம். இதயம் இந்த தமனியை திறந்து குருதியை பாய்ச்ச மேலும் அதிக அழுத்தத்துடன் செலுத்துகிறது. உள்ளழுத்தம் அதே காரணத்தால் மேலும் குறைய நெறிப்பு மீண்டும் நிகழ்கிறது. இதனால் மாரடைப்பு ஏற்படலாம்.

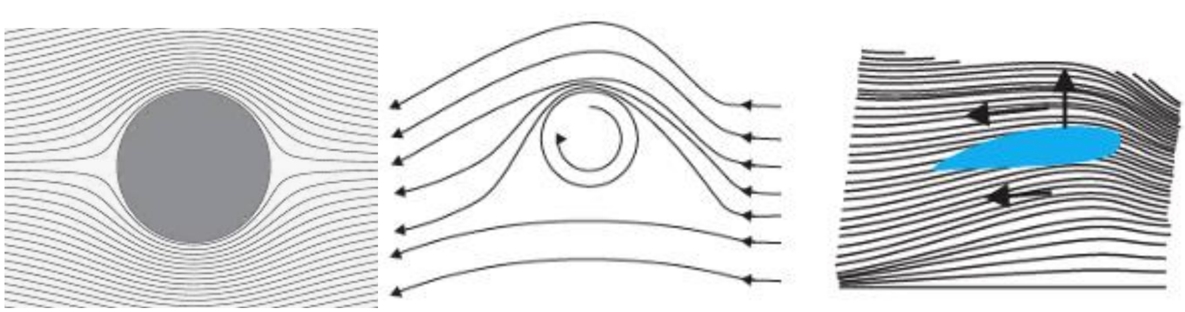
10.4.4 இயக்கவுயர்த்தம்

இயக்கவுயர்த்தம் என்பது வானூர்தியின் சிறகு, நீர்த்தகடு, சுழலும் பந்து போன்ற ஒரு பொருள் ஒரு பாய்மத்தில் அசையும்போது அதன்மீது ஏற்படும் விசை. மட்டைப்பந்து, பூப்பந்து, அடிபந்து, குழிப்பந்து போன்ற ஆட்டங்களில் சுழலும் பந்து வளியில் பயணிக்கும்போது அது தன் பரவளைய வீசுபாதை யிலிருந்து விலகுவதை காண்கிறோம். இந்த விலகலை பெருணூலியின் கொள்கையை மட்டுமே பயன்படுத்தி விளக்கலாம்.

(அ) **சுழற்சியின்றி அசையும் பந்து**: படம் 10.13(அ) சுழலாத பந்தினருகில் சீரோட்டங்களை காட்டுகிறது. சீரோட்டங்களின் சமச்சீர்மையால் பந்தின் மேலும் கீழுமுள்ள நிகரான புள்ளிகளில் பாய்மத்தின் (வளியின்) திசைவேகம் சமம் என்பது தெளிவாகிறது. இதனால் அழுத்தவேறுபாடு சுழியம். எனவே வளி பந்தின்மீது மேனோக்கிய விசையையோ கீழ்நோக்கிய விசையையோ செலுத்தவில்லை.

(ஆ) **சுழற்சியுடன் அசையும் பந்து**: ஒரு சுழலும் பந்து வளியை தன்னுடன் இழுத்துச் செல்கிறது. பரப்பு சொரசொரப்பாயிருந்தால் அது அதிகமான வளியை இழுக்கிறது. படம் 10.13(ஆ) சுழன்றுகொண்டே அசையும் ஒரு பந்தினருகில் வளியின் சீரோட்டங்களை காட்டுகிறது. பந்து முன்னோக்கி அசைகிறது; அதன் ஒப்பீட்டில் வளி பின்னோக்கி அசைகிறது. எனவே, பந்துக்கு மேலுள்ள வளியின் திசைவேகம் அதிகமாகவும் கீழுள்ளது குறைவாகவும் உள்ளது (10.3ஆம் பகுதியை காண்க). இவ்வாறு சீரோட்டங்கள் மேலே அடர்வாகவும் கீழே அடர்குறைவாகவும் உள்ளன.

வளியின் திசைவேகத்திலுள்ள இந்த வேறுபாடு மேலுள்ள முகத்துக்கும் கீழுள்ள முகத்துக்கு மிடையில் அழுத்தவேறுபாட்டை உண்டாக்குகிறது. இதனால் ஒரு மேனோக்கிய நிகர விசை பந்தின்மீது உண்டாகிறது. சுழற்சியால் ஏற்படும் இந்த இயக்கவுயர்த்தத்தை **மாகுனசின் விளைவு** என்கிறோம்.



படம் 10.13 (அ) நிலையான கோளத்தை கடந்து பாய்மம் சீரோடல். (ஆ) வலஞ்சுழியாக சுழலும் கோளத்தினருகில் பாய்மத்தின் சீரோட்டங்கள். (இ) வளித்தகட்டைக்கடந்து பாயும் வளி.

(இ) **வளித்தகடும் வானூர்தியின் சிறகில் உயர்த்தமும்**: படம் 10.13(இ) ஒரு வளித்தகட்டை காட்டுகிறது. இது வளியில் கிடைமட்டமாக அசையும்போது மேனோக்கிய இயக்கவுயர்த் தத்தை வழங்குமாறு வடிவமைந்த திண்மத் துண்டு. வானூர்திச்சிறகின் குறுக்குவெட்டு கிட்டத்தட்ட வளித்தகட்டைப்போன்றது. சீரோட்டங்கள் படத்தில் காட்டியபடி அதனருகில் செல்கின்றன. வளித்தகடு வளிக்கெதிராக அசையும்போது பாய்வுத்திசையின் ஒப்பீட்டில் சிறகின் திசையமைவு சீரோட்டங்களை சிறகுக்குமேல் கீழிருப்பதைவிட அதிக அடர் வாக்குகிறது. பாய்வுவேகம் கீழிருப்பதைவிட மேலே அதிகம். மேனோக்கிய விசை சிறகின்மீது ஒரு இயக்கவுயர்த்தத்தை உண்டாக்கி வானூர்தியின் எடையை சமனாக்குகிறது. கீழ்க்கண்ட சான்று இதை எடுத்துக்காட்டுகிறது.

சிக்கல் 10.8

முற்றிலும் சுமையேற்றிய ஒரு போயிங்கு வானூர்தியின் நிறை $3.3 \times 10^5\, kg$. அதன் மொத்தச்சிறகுப்பரப்பு $500\, m^2$. இது $960\, km/h$ வேகத்தில் மட்டப்பறப்பிலிருக்கிறது. (அ) சிறகின் மேலும் கீழுமுள்ள பரப்புகளுக் கிடையான அழுத்தவேறுபாட்டை மதிப்பிடுக. (ஆ) கீழ்ப்பரப்பைவிட பரப்பின் வேகத்தின் பின்ன அதிகரிப்பை மதிப்பிடுக. (வளியின் அடர்வு $\rho = 1.2\, kg\, m^{-3}$).

தீர்வு

(அ) போயிங்கு வானூர்தியின் எடை அழுத்தவேறுபாட்டின் மேனோக்கிய விசையால் சமனாகிறது. அதாவது

$\Delta P \times A = 3.3 \times 10^5\, kg \times 9.8\, m\, s^{-2}$

எனவே, $\Delta P = 3.3 \times 10^5 kg \times 9.8\, m\, s^{-2} / 500\, m^2 = 6.5 \times 10^3 N\, m^{-2}$

(ஆ) மேற்பக்கத்துக்கும் கீழ்ப்பக்கத்துக்கு முள்ள சிறு உயரவேறுபாட்டை புறக்கணிப் போம். அப்படியெனில், (10.12) ஆம் சமன்பாட்டின்படி, அழுத்த வேறுபாடு

$$\Delta P = \frac{\rho}{2}(v_2^2 - v_1^2)$$

இங்கு, v_2 பரப்பிலும் v_1 கீழ்ப்பரப்பிலும் வளியின் வேகங்கள்.

$$(v_2 - v_1) = \frac{2\Delta P}{\rho(v_2 + v_1)}$$

சராசரி வேகம்

$$v_{சரா} = \frac{v_2 + v_1}{2} = 960\, \frac{km}{h} = 267\, m\, s^{-1}$$

எனவே,

$$\frac{(v_2 - v_1)}{v_{சரா}} = \frac{\Delta P}{\rho v_{சரா}^2}$$

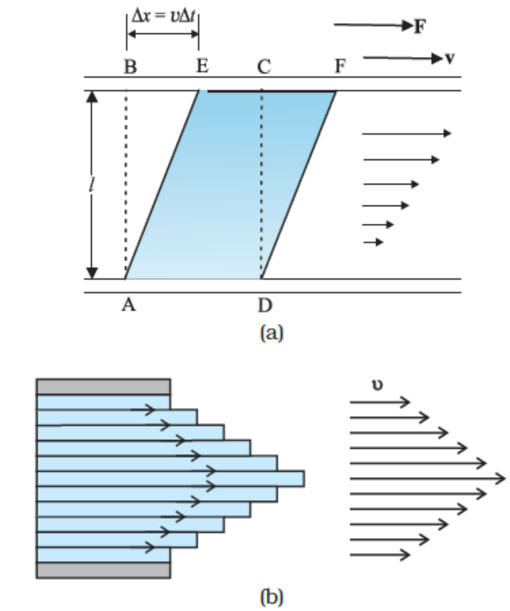
$$= \frac{6.5 \times 10^3 N\, m^{-2}}{1.2\, kg\, m^{-3} \times 267^2\, m^2\, s^{-2}}$$

$$= 0.08$$

மேலுள்ள வேகம் கீழுள்ள வேகத்தைவிட 8% அதிகமாயிருப்பதே போதும்.

10.5 பாகுமை

பெரும்பான்மையான பாய்மங்கள் நல்லியல் பானவையல்ல. அவை அசைவுக்கு சிறிதாயினும் தடையத்தை வழங்குகின்றன. பாய்மசைவின் தடையம் ஒரு திண்மம் ஒரு பரப்பில் அசையும்போது உண்டாகும் உராய்வை யொத்தது. இதை நாம் பாகுமை என்று அழைக்கிறோம். பாய்மத்தின் படலங்களி டையில் ஒப்பளவ அசைவு இருக்கும்போது இந்த விசையும் இருக்கிறது. நெய்யம்போன்ற ஒரு நீர்மத்தை படம் 10.14(அ)வில் காட்டியபடி இரண்டு கண்ணாடித்தட்டுகளிடையில் வைப்பதாக கருதுக. அடித்தட்டு நிலையாக இருக்கிறது: மேற்றட்டு நிலைத்தட்டின் ஒப்பளவில் v என்ற மாறாத்திசை வேகத்தில் அசைகிறது. நெய்யத்துக்குப்பதிலாக தேனை வைத்தால் தட்டை அதே வேகத்தில் அசைக்க அதிக விசை தேவைப்படும். எனவே தேன் நெய்யத்தைவிட அதிக பாகுமையுள்ளது என்கிறோம். பரப்புடன் தொடுகையிலுள்ள பாய்மம் பரப்பின் திசைவேகத்திலே அசைகிறது. எனவே பரப்புடன் தொடுகையிலுள்ள நீர்மப்படலம் v என்ற திசைவேகத்தில் அசைகிறது; நிலைப்பரப்புடன் தொடுகையி லுள்ள நீர்மப்படலம் நிலையாயிருக்கிறது. படலங்களின் திசைவேகங்கள் கீழே சுழியத்தில் தொடங்கி மேலே vக்கு சீராக அதிகரிக்கின்றன. எந்த நீர்மப்படலத்தையும் அதற்கு மேலுள்ள படலம் அதை முன்னோக்கியும் அதற்குக் கீழுள்ளது பின்னோக்கியும் இழுக்கின்றன. இதனால் படலங்களிடையில் விசை ஏற்படுகிறது. இவ்வகையான பாய்வை **தாளடுக்கப்பாய்வு** என்று அழைக்கிறோம். மேசையில் தட்டையாக வைத்த ஒரு தாளடுக்கின்மீது ஒரு கிடைமட்டவிசையை செலுத்தும்போது தாள்கள் ஒன்றன்மீதொன்று நழுவுவதுபோல் நீர்மப் படலங்கள் ஒன்றின்மீதொன்று நழுவிப்பாய் கின்றன. குழாயிலோ குழலிலோ ஒரு பாய்மம் பாயும்போது குழலின் அச்சுக்குநேரான பாய்மப்படலத்தின் திசைவேகம் மீப்பெருமமா யிருந்து சுவர்களை நோக்கி படிப்படியாக குறைந்து சுவர்களில் சுழியமாகிறது (படம் 10.14(ஆ)). குழலிலுள்ள ஒரு உருளைவடிவ படலத்தில் திசைவேகம் மாறிலி.



படம் 10.14 (அ) இரண்டு கண்ணாடித்தட்டுகளிடையில் வைத்த நீர்மப்படலம். கீழ்த்தட்டு நிலையானது; மேற்றட்டு v என்ற திசைவேகத்தில் முன்னோக்கி அசைகிறது. (ஆ) ஒரு குழாயில் பாகுமப்பாய்வின் திசைவேகப்பரவல்.

இந்த அசைவால், நேரத்தின் ஒரு கணத்தில் தட்டுகளுக்கிடையில் $ABCD$ என்ற வடிவிலுள்ள நீர்மப்பகுதி Δt என்ற சிறு நேர இடைவெளிக்குப் பின் $AEFD$ என்ற வடிவத்தை அடைகிறது. இந்த நேரயிடைவெளியில் நீர்மம் Δ/L என்ற கத்தரித் திரிபுக்கு உள்ளாகிறது. பாயும் பாய்மத்தில் திரிபு நேரத்துடன் தொடர்ச்சியாக அதிகரிக்கிறது. திண்மங்களில் போலல்லாமல், இங்கு தகைப்பு திரிபைச்சார்ந்திராமல் திரிபுவீதத்தை சார்ந் திருக்கிறது: அதாவது $\Delta x/(l\,\Delta t)$ ஐச்சார்ந்திருக் கிறது. ஒரு பாய்மத்தின் பாகுமைக்கெழுவை கத்தரித் தகைப்புக்கும் திரிபுவீதத்துக்குமுள்ள விகிதமாக வரையறுக்கிறோம்.

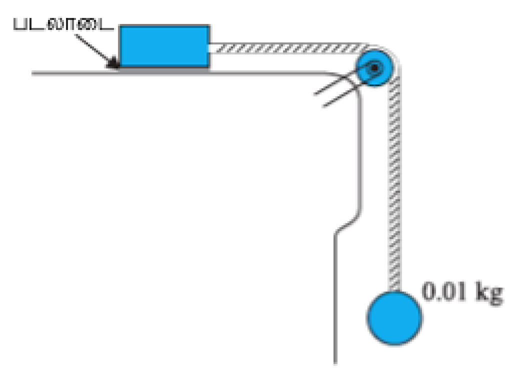
$$\eta = \frac{F/A}{v/l} = \frac{Fl}{vA} \qquad (10.18)$$

பாகுமையின் அலகுப்பருமானம் $[ML^{-1}T^{-1}]$; அதன் அவவலகு $N\,s\,m^{-2}$, அதாவது, $Pa\,s$. இதற்கு பாசே என்று பெயரிட்டு P என்று குறிக்கிறோம். பொதுவாக நீர், ஆல்ககால் போன்ற மெல்லிய நீர்மங்கள் நிலக்கரித்தார், குருதி, கிளிசரின் போன்ற தடிமனான நீர்மங்களைவிட குறைந்த பாகுமையுள்ளவை. சில வழக்கமான பாய்மங்களின் பாகுமைக் கெழுக்களை அட்டவணை 10.2 தருகிறது. குருதியையும் நீரையும்பற்றி இரண்டு உண்மைகள் ஆர்வமானவை. குருதி நீரைவிட தடிமனானது; அதாவது அதிக பாகுமையுள்ளது. மேலும், $0°C$ இலிருந்து $37°C$ வரை குருதியின் ஒப்பளவப்பாகுமை $(\eta/\eta_{நீர்})$ மாறிலியாகவுள்ளது.

நீர்மங்களின் பாகுமை வெப்பநிலையுடன் குறைகிறது; வளிமங்களின் பாகுமை வெப்பநிலையுடன் அதிகரிக்கிறது.

அட்டவணை 10.2 சில பாய்மங்களின் பாகுமைக்கெழுக்கள்

பாய்மம்	$T(°C)$	பாகுமை (mP)
நீர்	20	1.0
	100	0.3
குருதி	37	2.7
எந்திரநெய்யம்	16	113
	38	34
கிளிசரின்	20	830
தேன்	–	200
வளி	0	0.017
	40	0.019



படம் 10.15 ஒரு நீர்மத்தில் பாகுமைக்கெழுவை அளத்தல்

சிக்கல் 10.9

படம் 10.15இல் காட்டியபடி, $0.10\,m^2$ பரப்பளவுள்ள ஒரு மாழைக்கட்டியை $0.010\,kg$ நிறையுடன் ஒரு சரத்தால் ஒரு நல்லியல்பான (நிறையற்றதும் உராய்வற்றதுமான) கப்பி யின்வழி இணைக்கிறோம். ஒரு நீர்மத்தின் $0.30\,mm$ தடிமனுள்ள ஒரு படலாடையை கட்டிக்கும் மேசைக்குமிடையில் வைக்கி றோம். விடுபட்டபோது கட்டி $0.085\,m\,s^{-1}$ மாறா வேகத்துடன் வலப்பக்கம் அசைகிறது. நீர்மத்தின் பாகுமைக்கெழுவை காண்க.

தீர்வு

மாழைக்கட்டி வலப்பக்கம் அசைவது சரத்திலுள்ள விறைப்பினால். இந்த விறைப்பான T பருமனளவில் தொங்கும் நிறை mஇன் எடைக்கு சமம். எனவே, கத்தரிவிசை

$$F = T = mg = 0.010\,kg \times 9.8\,m\,s^{-2}$$

நீர்மத்தில் கத்தரித்தகைப்பு $= \frac{F}{A}$

$$= \frac{9.8 \times 10^{-2}\ N}{0.10\ m^2}$$

திரிபுவீதம் $= \frac{v}{l} = \frac{0.085\ m\ s^{-1}}{0.30 \times 10^{-3}\ m}$

$$\eta = \frac{\text{தகைப்பு}}{\text{திரிபுவீதம்}}\ s^{-1}$$

$$= \frac{(9.8 \times 10^{-2}\ N)(0.30 \times 10^{-3}\ m)}{(0.085\ m\ s^{-1})(0.10\ m^2)}$$

$$= 3.46 \times 10^{-3}\ Pa\ s$$

10.5.1 தோக்கசின் விதி

ஒரு பொருள் ஒரு பாய்மத்தின்வழி விழும்போது அதனுடன் தொடுகையிலிருக்கும் பாய்மத்தின் ஒரு படலத்தை தன்னுடன் இழுத்துவருகிறது. பாய்மத்தின் வெவ்வேறு படலங்களிடையான ஒப்புமு அசைவின் விளைவாக பொருள் ஒரு வேகக்குறைப்பு விசையை உணர்கிறது. மழைத்துளி விழுதலும் ஊசலிக்குண்டு ஊசலாடுவதும் இவ்வாறான அசைவுகளுக்கு வழக்கமான சான்றுகள். பாகுமவிசை பொருளின் திசைவேகத்தின் விழுக்காட்டிலும் எதிர்த்திசையி லும் இருப்பதாக காண்கிறோம். மேலும் இந்த விசை (F) பாய்மத்தின் பாகுமையையும் (η) (கோளப்) பொருளின் ஆரத்தையும் (a) சார்ந்திருக்கிறது. சார்சு தோக்கசு என்ற ஆங்கிலேய அறிவியலர்

$$F = 6\pi\eta a v \qquad (10.19)$$

என்று பாகுமையிழுப்புவிசையை தெளிவாக விவரித்தார். இது தோக்கசின் விதி என்று வழங்குகிறது. நாம் தோக்கசின் விதியை வருவிக்கப்போவதில்லை.

இந்த விதி திசைவேகத்தின் விழுக்காட்டி லுள்ள வேகக்குறைப்புவிசையின் ஒரு ஆர்வமான சான்று. ஒரு பாகுமவூடகத்தில் விழும் பொருளின்மீது இதன் பின்விளைவுகளை காண்போம். வளியில் மழைத்துளியை கருதுவோம். தொடக்கத்தில் அது புவியீர்ப்பால் முடுக்கமடைகிறது. திசைவேகம் அதிகரிக்கும் போது வேகக்குறைப்புவிசையும் அதிகரிக்கிறது. இறுதியில், பாகுமவிசையும் மிதவைவிசையும் சேர்ந்து புவியீர்ப்புவிசைக்கு சமமாகும்போது நிகர விசை சுழியமாகிறது; முடுக்கமும் சுழியமாகிறது. கோளம் (மழைத்துளி) பிறகு மாறாத்திசைவேகத்துடன் இறங்குகிறது. இவ்வாறு, சமநிலையில், $v_{இ}$ என்று குறிக்கும் இறுதித்திசைவேகத்தை

$$6\pi\eta a v_{இ} = \left(\frac{4\pi}{3}\right) a^3(\rho - \sigma)$$

என்ற உறவு தருகிறது; இங்கு, ρ கோளத்தின் நிறையடர்வு, σ பாய்மத்தின் நிறையடர்வு. இதிலிருந்து நாம் பெறுவது

$$v_{இ} = \frac{2a^2(\rho - \sigma)g}{9\eta} \qquad (10.20)$$

எனவே, இறுதித்திசைவேகம் கோளத்தின் ஆரத் தின் வர்க்கத்தையும் ஊடகத்தின் பாகுமையை எதிர்விழுக்காட்டிலும் சார்ந்திருக்கிறது.

இந்தச்சூழமைவில் சிக்கல் 6.2ஐ நீங்கள் மீண்டும் காணலாம்.

சிக்கல் 10.10

$2.0\ mm$ ஆரமுள்ள ஒரு செம்புப்பந்து $20°C$ இலுள்ள நெய்யத்தொட்டியில் விழும்போது அதன் இறுதித்திசைவேகம் $6.5\ cm\ s^{-1}$. $20°C$ இல் நெய்யத்தின் பாகுமையை கணக்கிடுக. நெய்யத்தின் அடர்வு $1.5 \times 10^3\ kg\ m^{-3}$; செம்பின் அடர்வு $8.9 \times 10^3 kg\ m^{-3}$.

தீர்வு

தெரிந்தவை

$v_1 = 6.5 \times 10^{-2}\ m\ s^{-1}$, $a = 2 \times 10^{-3}\ m$, $g = 9.8\ m\ s^{-2}$, $\rho = 8.9 \times 10^3\ kg\ m^{-3}$, $\sigma = 1.5 \times 10^3\ kg\ m^{-3}$

(10.20)ஆம் சமன்பாட்டிலிருந்து

$$\eta = \frac{2}{9} \times \frac{(2 \times 10^{-3}\ m)^2 \times 9.8\ m\ s^{-2}}{6.5 \times 10^{-2}\ m\ s^{-1}} \times (8.9 - 1.5) \times 10^3\ kg\ m^{-3}$$

$$= 9.9 \times 10^{-1}\ kg\ m^{-1}s^{-1}$$

10.6 பரப்புவிறைப்பு

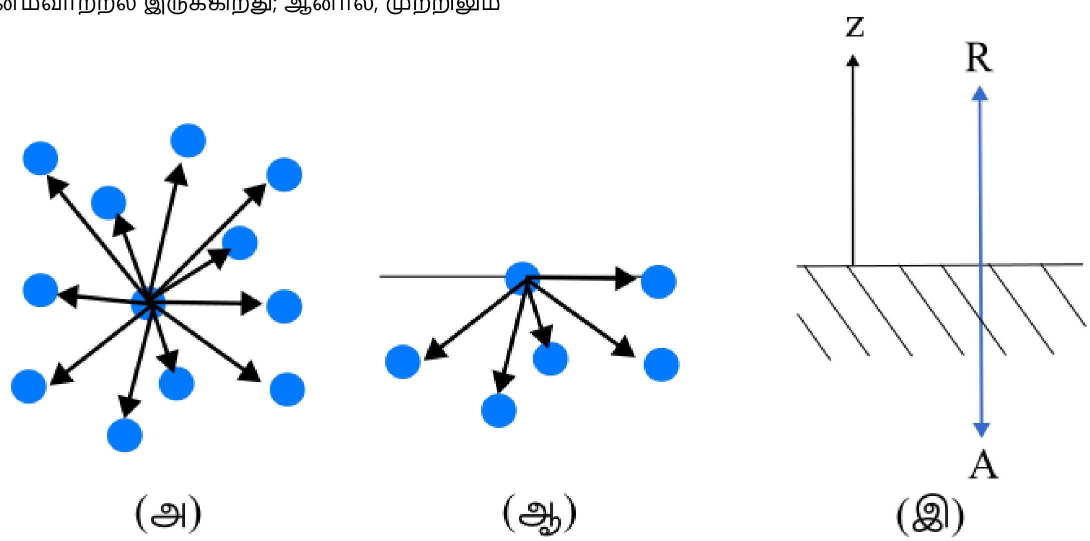
நெய்யமும் நீரும் கலப்பதில்லை என்பதை அறிவோம். நீர் என்னையும் உன்னையும் நனைக் கிறது; ஆனால் வாத்துகளை நனைப்பதில்லை. பாதரசம் கண்ணாடியை நனைப்பதில்லை; ஆனால் நீர் கண்ணாடியில் ஒட்டிக்கொள்கிறது. பருத்தித் திரியில் நெய்யம் புவியீர்ப்புக்கு எதிராக ஏறுகிறது. மரச்சாறும் நீரும் மரத்தின் உச்சியிலுள்ள இலைகளை சென்றடைகின்றன. வண்ணந்தீற்றும் தூரிகையின் முடிகள் உலர்ந்திருக்கும்போது ஒன்றாகச்சேர்வதில்லை; நீரில் மூழ்க்கும்போதும் சேர்வதில்லை; ஆனால் மூழ்க்கி வெளியே எடுக்கும்போது சேர்ந்துகொள்கின்றன. இவையும் இவைபோன்ற மற்றப்பல தோற்றப்பாடுகளும் நீர்மங்களின் பரப்புகளுடன் தொடர்புள்ளவை, நீர்மங்களுக்கு திட்டவட்டமான வடிவம் இல்லை; ஆனால் திட்டவட்டமான பருமன் உள்ளது. இதனால் ஒரு கொள்கலனில் ஊற்றும்போது ஒரு பரப்பு உண்டாகிறது. இந்த பரப்புக்கு சற்று அதிகமான ஆற்றல் இருக்கிறது. இந்த தோற்றப்பாட்டை பரப்புவிறைப்பு என்கிறோம். இது நீர்மங்களின் பண்பு; வளிமங்களுக்கு பரப்பு இல்லை. இந்த தோற்றப்பாட்டை புரிந்துகொள்ள முதலில் பரப்பிலுள்ள ஆற்றலைப்பற்றி சிந்திப்போம்.

10.6.1 பரப்பாற்றல்

ஒரு நீர்மம் அதன் மூலக்கூறுகளிடையான ஈர்ப்பினாலே சேர்ந்திருக்கிறது. நீர்மத்தின் உட்பகுதியிலுள்ள ஒரு மூலக்கூறை கருதுக. இதை எல்லா அண்மைய மூலக்கூறுகளும் ஈர்க்கும்படி மூலக்கூறிடைத்தொலைவுகள் உள்ளன (படம் 10.16(அ)). இந்த ஈர்ப்பு மூலக்கூறுக்கு எதிர்ம இயன்மவாற்றலை வழங்குகிறது. இது நம் கவனத்திலுள்ள மூலக்கூறைச்சுற்றி மற்ற மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையையும் அவற்றின் பரவலையும் சார்ந்திருக்கிறது. ஆனால் எல்லா மூலக்கூறுகளின் சராசரி இயன்மவாற்றல் சமம். இந்த ஆற்றல் இருப்பதாலே நீர்மத்தை ஆவியாக்கும்போது மூலக்கூறுகளை பிரித்து அதிக தொலைவுகளில் பரவச்செய்ய கணிசமான வெப்ப ஆற்றல் தேவைப்படுகிறது. நீருக்கு இந்த ஆற்றல் 40 kJ/mol.

இப்போது, பரப்பிலுள்ள ஒரு மூலக்கூறை கருதுவோம் (படம் 10.16(ஆ)). இதன் கீழுள்ள அரைப்பாகத்தில் மட்டுமே நீர்மமூலக்கூறுகள் உள்ளன. இவற்றின் காரணமாக ஓரளவு எதிர்ம இயன்மவாற்றல் இருக்கிறது; ஆனால், முற்றிலும் உள்ளிருக்கும் மூலக்கூறுக்கு இருப்பதைவிட இது சுமார் பாதியே என்பது தெளிவு. இவ்வாறு, நீர்மப்பரப்பிலுள்ள மூலக்கூறுகளுக்கு உள்ளிருப்பவற்றைவிட ஒரு மிகுதியான ஆற்றல் இருக்கிறது. இந்த ஆற்றலை இயன்றவரை குறைப்பதற்காக நீர்மங்கள் வெளிநிலைமைகள் அனுமதிக்குமளவுக்கு பரப்பை குறைத்துக் கொள்ளும் ஒரு போக்கு இருக்கிறது. பரப்பை அதிகரிக்க ஆற்றல் தேவை. இந்த உண்மையின் அடிப்படையில் பெரும்பான்மை யான பரப்புத்தோற்றப்பாடுகளை புரிந்துகொள்ள லாம். ஒரு மூலக்கூறு பரப்பில் இருக்க தேவையான ஆற்றல் என்ன? மேலே சொன்னபடி, இது மூலக்கூறை முற்றிலும் வெளியேற்ற தேவைப்படும் ஆற்றலில் சுமார் பாதி; அதாவது ஆவியாக்கவெப்பத்தில் பாதி.

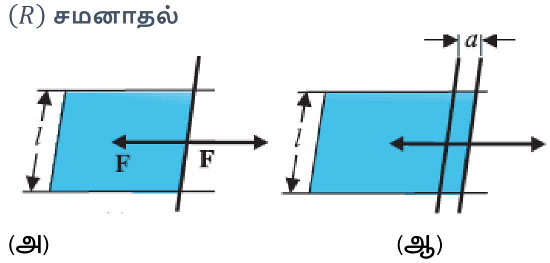
பரப்பு என்பது என்ன? நீர்மத்தில் மூலக்கூறு கள் அலைந்து திரிந்துகொண்டிருப்பதால் கச்சிதமான கூரிய பரப்பு இருக்கவியலாது. படம் 10.16(இ)யில் z என்று காட்டிய திசையில் $z = 0$த்தை அணுகும்போது ஒரு சில மூலக்கூறுகளின் அளவுள்ள தொலைவில் நீர்மத்தின் அடர்வு விரைவாகக்குறைந்து சுழியத்தை அடைகிறது.



படம் 10.16 (அ) நீர்மத்தின் உட்பகுதியிலுள்ள மூலக்கூறுகள். மற்ற மூலக்கூறுகளால் ஏற்படும் விசைகளை காட்டியிருக்கிறோம். (ஆ) பரப்பிலுள்ள நீர்மமூலக்கூறுகள் (இ) கவர்ச்சி விசைகளும் (A) விலக்கல்விசைகளும் (R) சமனாதல்

10.6.2 பரப்பாற்றலும் பரப்புவிறைப்பும்

நீர்மங்களின் பரப்புடன் மிகுதியாற்றல் தொடர்புடையதால் பருமன் போன்ற மற்ற அளவுகளை மாறாமல் வைத்து அதிக பரப்பை உண்டாக்க (பரப்பை விரிக்க) ஆற்றல் தேவைப்படுகிறது. இதை புரிந்துகொள்ள, நிலையான கம்பிகளுக்கிடையில் ஒரு அசைக்கத்தகு கம்பியால் அடைபட்ட ஒரு கிடைமட்ட நீர்மப்படலாடையை கருதுக (படம் 10.17).



படம் 10.17 ஒரு படலாடையை விரிப்பது. (அ) சமநிலையிலுள்ள ஒரு படலாடை (ஆ) மேலும் ஒரு தொலைவுக்கு நீட்டிய படலாடை.

கம்பியை d என்ற ஒரு சிறு தொலைவுக்கு நகர்த்துவதாக கொள்வோம். பரப்பின் பரப்பளவு அதிகரிப்பதால் அமைப்புக்கு இப்போது அதிக ஆற்றல் இருக்கிறது. அப்படியெனில் அகவிசைகளுக்கு எதிராக வேலை செய்யப்பட்டிருக்கிறது. இந்த அகவிசையை F என்று குறித்தால், செலுத்திய விசை செய்த வேலை $\boldsymbol{F.d} = Fd$. ஆற்றலின் அழியாக்காப்பினால் இது மிகுதியாற்றலாக படலாடையில் சேமகமாகிறது. படலாடையின் பரப்பாற்றல் அலகுப்பரப்புக்கு S என்க படலாடை யின் இரண்டு பக்கங்களிலும் இரண்டு பரப்புகள் இருப்பதால் அதிகரித்த பரப்பளவு $2dl$. எனவே, அதிகரித்த ஆற்றல்

$$S(2dl) = Fd \qquad (10.21)$$

$$S = \frac{Fd}{2dl} = \frac{F}{2l} \qquad (10.22)$$

S என்ற இந்த அளவு பரப்புவிறைப்பின் பருமனளவு. இது நீர்ம இடைமுகத்தின் அலகுப் பரப்பளவிலுள்ள பரப்பாற்றலுக்கு சமம். இது நீர்மப்பரப்பு அசைக்கத்தகு கம்பியின் ஓரலகு நீளத்தில் செலுத்தும் விசைக்கும் சமம்.

இதுவரை நாம் ஒரு நீர்மத்தின் பரப்பை கருதினோம். பொதுவாக, ஒரு பாய்மப்பரப்பு மற்றொரு பாய்மப்பரப்புடனோ திண்மப்பரப்புடனோ தொடுகையிலிருப்பதை கருத வேண்டும். இந்த வேற்றுவங்களில் பரப்பாற்றல் பரப்பின் இருபக்கங்களிலுமுள்ள பொருண்மங்களை சார்ந்திருக்கிறது. சான்றாக, பொருண்மங்களின் மூலக்கூறுகள் ஒன்றையொன்று ஈர்த்தால், பரப்பாற்றல் குறைகிறது; விலக்கினால் அதிகரிக்கிறது. எனவே, பரப்பாற்றல் இரண்டு பொருண்மங்களுக்கிடையிலான இடைமுகத்தின் ஆற்றல் என்றும் அது இரண்டு பொருண்மங்களையும் சார்ந்திருக்கிறது என்றும் சொல்வதே பொருத்தமானது.

மேற்சொன்னதிலிருந்து கீழ்க்கண்டவற்றை காண்கிறோம்:

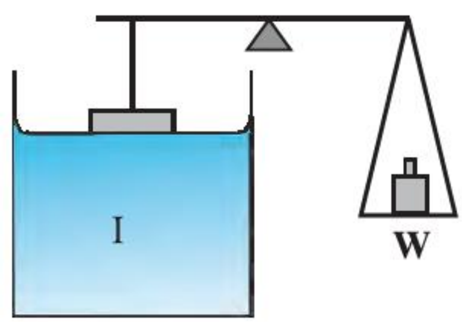
(அ) பரப்புவிறைப்பு என்பது நீர்மத்தின் தளத்துக்கும் வேறொரு பொருளுக்குமிடையிலான இடைமுகத்தளத்தின் ஓரலகு நீளத்தில் செயலாற்றும் விசை; இதையே ஓரலகு பரப்பிலுள்ள பரப்பாற்றலாகவும் கருதலாம். மேலும், இது நீர்மத்தின் உட்பகுதியிலுள்ள மூலக்கூறுகளின் ஒப்பளவில் இடைமுகத்திலுள்ளவற்றின் மிகுதியாற்றல்.

(ஆ) வரப்பைத்தவிர இடைமுகத்தின் எந்தப்புள்ளியிலும் ஒரு கோட்டைவரைந்து அதன் இருபக்கங்களிலும் இடைமுகத்தளத்தில் கோட்டுக்கு செங்குத்தாக எதிரெதிர்த்திசைகளில் அலகுப்பரப்புக்கு S என்ற பருமளவுள்ள பரப்புவிசைகள் செயலாற்றுவதாக நாம் மனங்காணலாம். இந்தக் கோடு சமநிலையில் உள்ளது. மேலும் குறிப்பாகச்சொல்ல, பரப்பில் அணுக்களாலோ மூலக்கூறுகளாலோவான ஒரு கோட்டை கற்பனைசெய்க. இடப்பக்கமுள்ள அணுக்கள் கோட்டை தம் பக்கமாக இழுக்கின்றன; வலப்பக்கமுள்ளவை தம் பக்கமாக இழுக்கின்றன. இந்த அணுக்கோடு சமநிலை விறைப்பில் உள்ளது. கோடு படம் 10.16(ஆ)விலும் (இ)யிலும் உள்ளபடி பரப்பின் விளிம்பை குறித்தால் அலகுப்பரப்புக்கு S என்ற அளவில் செயலாற்றும் உண்ணோக்கிய விசை மட்டுமே உள்ளது.

அட்டவணை 10.3 சில நீர்மங்களின் பரப்பு விறைப்புகளை தருகிறது. பரப்புவிறைப்பின் மதிப்பு வெப்பநிலையை சார்ந்திருக்கிறது. பாகுமையைப்போலவே ஒரு நீர்மத்தின் பரப்பு விறைப்பும் வெப்பநிலையுடன் குறைவது வழக்கம்.

நீர்மம்	T $(°C)$	பரப்பு விறைப்பு (N/m)	ஆவியாக்க வெப்பம் (kJ/mol)
ஈலியம்	-270	0.000239	0.115
ஆக்குசிசன்	-183	0.0132	7.1
ஈத்தனால்	20	0.0227	40.6
நீர்	20	0.0727	44.16
பாதரசம்	20	0.4355	63.2

அட்டவணை 10.3 குறித்த வெப்பநிலையில் சில நீர்மங்களின் பரப்புவிறைப்பும் ஆவியாக்கவெப்பமும்



படம் 10.18 பரப்புவிறைப்பை அளத்தல்

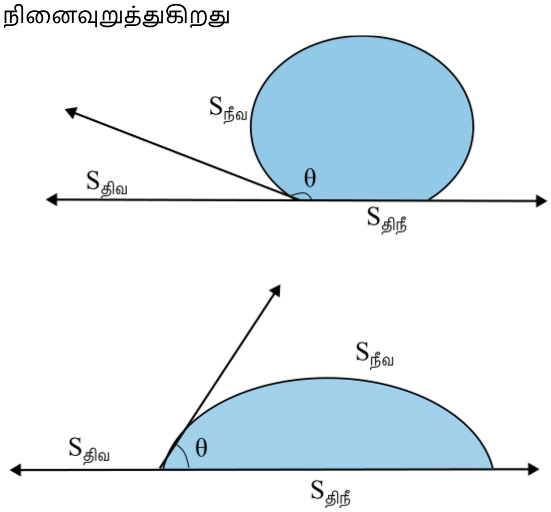
ஒரு பாய்மத்துக்கும் ஒரு திண்மத்துக்குமிடையான பரப்பாற்றல் பாய்மத்துக்கும் வளிக்குமிடையான பரப்பாற்றலும் திண்மத்துக்கும் வளிக்குமிடையான பரப்பாற்றலும் சேர்ந்த கூட்டலைவிட குறைவாயிருந்தால் அந்த பாய்மம் அந்த திண்மத்தில் ஒட்டிக்கொள்கிறது; அப்போது திண்மப்பரப்புக்கும் பாய்மத்துக்குமிடையில் ஈர்ப்பு இருக்கிறது. இதை படம் 10.18இல் திட்டப்படமாக காட்டிய பரிசோதனையால் நேரடியாக அளக்கலாம். ஒரு தட்டையான நெடுநிற்ப கண்ணாடித்தட்டு ஒரு தராசின் கையாக உள்ளது. தட்டின் அடியிலுள்ள ஒரு

கொள்கலனில் நீர்மம் இருக்கிறது. இந்த தட்டை தராசின் மறுபக்கமுள்ள எடைகள் சமனாக்க லாம். தட்டின் அடிப்பாகம் நீர்மப்பரப்பை தொடும்படி கொள்கலனை உயர்த்துகிறோம். பிறகு தட்டு நீர்மத்தை விடும்வரை எடைகளை சேர்க்கிறோம்.

இதற்கு தேவைப்படும் எடை W என்க. (10.22)ஆம் சமன்பாட்டிலிருந்தும் அங்குள்ள உரையி லிருந்தும் நீர்மவளியிடைமுகத்தின் பரப்புவிறைப்பு

$$S_{\text{நீவ}} = \frac{W}{2l} = \frac{mg}{2l} \qquad (10.23)$$

என்று காண்கிறோம். இங்கு, m தேவைப்பட்ட நிறை, l தட்டுவிளிம்பின் நீளம். நீவ என்ற அடியொட்டு இது நீர்மத்துக்கும் வளிக்குமிடை யான இடைமுகத்தின் விறைப்பு என்பதை நினைவுறுத்துகிறது



படம் 10.19 (அ) தாமரையிலையிலும் (ஆ) ஒரு தூய்மையான நெகிழித்தட்டிலுமுள்ள இடைமுக விறைப்பால் உண்டாகும் நீர்த்துளிகளின் வெவ்வேறு வடிவங்கள்.

10.6.3 தொடுகோணம்

நீர்மம் மற்றொரு ஊடகத்தை தொடும் தளத்தின் அருகிலுள்ள நீர்மத்தின் பரப்பு பொதுவாக வளைந்தது. தொடுபுள்ளியில் நீர்மப்பரப்பின் தொடுகோட்டுக்கும் நீர்மத்துக் குள்ளிருக்கும் திண்மப்பரப்புக்கும் இடையிலான கோணத்தை தொடுகோணம் என்கிறோம். இதை θ என்று குறிக்கிறோம். இது நீர்மங்களும் திண்மங்களுமான வெவ்வேறு சோடிகளுக்கு வெவ்வேறானது. θவின் மதிப்பு திண்மத்தின் பரப்பின்மீது ஒரு நீர்மச்சுவர் விரிகிறதா அல்லது அதன்மீது சிறுதுளிகள் உண்டாகின்றனவா என்பதை தீர்மானிக்கிறது. சான்றாக, நீர் தாமரையிலையில் படம் 10.19(அ)வில் காட்டிய படி ஒரு சிறுதுளியாகிறது: ஆனால் ஒரு தூய்மையான நெகிழித்தட்டில் படம் 10.19(ஆ)வில் காட்டியபடி விரிகிறது.

நாம் நீர்மவளி, திண்மவளி, திண்மநீர்மம் ஆகிய மூன்று இடைமுகங்களின் விறைப்புகளை யும் கருதவேண்டும். இவற்றை படம் 10.19(அ)விலும் (ஆ)விலும் காட்டியபடி முறையே $S_{\text{நீவ}}$, $S_{\text{திவ}}$, $S_{\text{திநீ}}$ என்று குறிப்போம். தொடுகைக் கோட்டில் மூன்று ஊடகங்களுக்குமிடையிலான பரப்புவிசைகள் சமநிலையில் இருக்கவேண்டும். படம் 10.19(ஆ)விலிருந்து

$$S_{\text{நீவ}}\,\text{உவவி}\,\theta + S_{\text{திநீ}} = S_{\text{திவ}} \qquad (10.24)$$

என்ற உறவை எளிதில் வருவிக்கலாம். நீர்த்தாமரையிடைமுகத்தில் இருப்பதுபோல் $S_{\text{திநீ}} > S_{\text{நீவ}}$ எனில், தொடுகோணம் ஒரு விரிகோணம்; மாறாக, நீர்நெகிழியிடைமுகத்தில் இருப்பதுபோல் $S_{\text{திநீ}} < S_{\text{நீவ}}$ எனில், அது குறுங்கோணம். தொடுகோணம் விரிகோணமா யிருக்கும்போது நீர்மமூலக்கூறுகள் தங்களுக் குள் வலுவாகவும் திண்மத்தால் வலுவின்றியும் ஈர்க்கப்படுகின்றன; நீர்மத்திண்மப்பரப்பை உண்டாக்க அதிக ஆற்றல் தேவைப்படுவதால் நீர்மம் திண்மத்தை நனைக்கவில்லை. நீர் மெழுகப்பரப்பிலோ நெய்யப்பரப்பிலோ படும் போதும் பாதரசம் எந்த பரப்பில் படும்போதும் இதுவே நிகழ்கிறது. இதன் மறுபக்கமாக, நீர்மமூலக்கூறுகளை திண்மமூலக்கூறுகள் வலுவாக ஈர்த்தால், $S_{\text{திநீ}}$ குறைந்து உவவி θ அதிகரித்து θ குறைகிறது. அதாவது θ ஒரு கூர்ங் கோணம். நீர் கண்ணாடியையோ நெகிழியையோ தொடும்போதும் மண்ணெய் எந்தப்பொருளை தொடும்போதும் (எதிலும் விரிகிறது) இதுவே நிகழ்கிறது. சோப்பு, அழுக்குநீக்கி, சாயமிடும் பொருள் போன்றவை நனைப்புமுகவங்கள். இவற்றை நீரில் சேர்க்கும்போது தொடுகோணம் சிறிதாவதால் இவை நீரை நன்கு உட்புகச்செய்து அதன் பயனுறுமையை அதிகரிக்கின்றன. இதன் மறுபக்கமாக, நீர்க்காப்புப்பொருள்கள் நீருக்கும் நாறிழைகளுக்குமிடையில் பெரிய தொடுகோணங் களை உண்டாக்குகின்றன.

10.6.4 துளிகளும் குமிழ்களும்

புவியீர்ப்புவிசையை புறக்கணித்தால், கட்டற்ற நீர்மத்துளிகளும் வளிமக்குமிழ்களும் கோளவடிவ மானவை என்பது பரப்புவிறைப்பின் ஒரு பின்விளைவு. இதை அதிவேகத் தெளிப்பியிலும் குழந்தைகள் ஊதி விளையாடும் சோப்புக்குமிழ்களிலும் நீங்கள் எளிதில் கண்டிருக்கலாம். துளிகளும் குமிழ்களும் ஏன் கோளவடிவமானவை? சோப்புக்குமிழை நிலைப்பாக வைத்திருப்பது எது?

நீர்மவளியிடைமுகத்தில் ஆற்றல் இருப்பதை மேலே சொல்லியிருக்கிறோம். எனவே குறிப்பிட்ட பருமனுக்கு மீக்குறைந்த பரப்பளவுள்ள பரப்பே மீக்குறைந்த ஆற்றலுள்ள பரப்பு. கோளத்துக்கு இந்த பண்பு இருக்கிறது. இது நம் நோக்கவீச்சுக்கு அப்பாற்பட்டதாயினும்,

இந்த வகையில் கோளம் கனச்சதுரத்தைவிட சிறந்தது என்பதையாவது நீங்கள் சரிபார்க்கலாம். புவியீர்ப்பையும் மற்ற விசைகளையும் (சான்றாக, வளித்தடையம்) புறக்கணித்தால் நீர்மத்துளி கோளவடிவமானது.

கோளத்துளியினுள் உள்ள அழுத்தம் வெளியழுத்தத்தைவிட அதிகமானது என்பது பரப்புவிறைப்பின் மற்றொரு பின்விளைவு (படம் 10.20(அ)). r ஆரமுள்ள ஒரு கோளத்துளி சமநிலையில் இருப்பதாக கொள்க. அதன் ஆரம் Δrஆல் அதிகரித்தால் பரப்பாற்றலின் அதிகரிப்பு

$$(4\pi(r+\Delta r)^2 - 4\pi r^2)S_{\text{நீவ}} = 8\pi r\ \Delta r\ S_{\text{நீவ}} \quad (10.25)$$

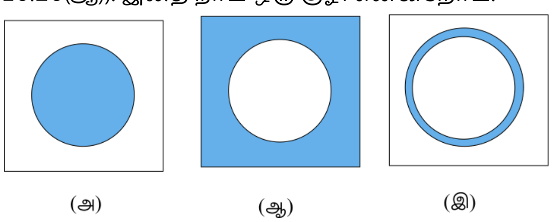
துளி சமநிலையிலிருந்தால், இந்த ஆற்றலை துளியின் உள்ளும் வெளியுமுள்ள அழுத்தங்களின் $(P_{\text{உ}} - P_{\text{வெ}})$ என்ற வேறுபாட்டால் ஏற்படும் விரிவடைதல் வழங்குகிறது. இந்த விரிவடைதல் செய்யும் வேலை

$$W = (P_{\text{உ}} - P_{\text{வெ}})4\pi r^2 \Delta r \quad (10.26)$$

எனவே,

$$(P_{\text{உ}} - P_{\text{வெ}}) = \frac{2S_{\text{நீவ}}}{r} \quad (10.27)$$

பொதுவாக, ஒரு நீர்மவளிம இடைமுகத்துக்கு குழிந்த பக்கத்தைவிட குவிந்த பக்கத்தில் அழுத்தம் அதிகம். சான்றாக, ஒரு நீர்மத்திலுள்ள வளிக்குமிழுக்குள் அழுத்தம் அதிகம் (படம் 10.20(ஆ)). இதை நாம் ஒரு குழி என்கிறோம்.



படம் 10.20 r ஆரமுள்ள துளியும் குழியும் குமிழும்

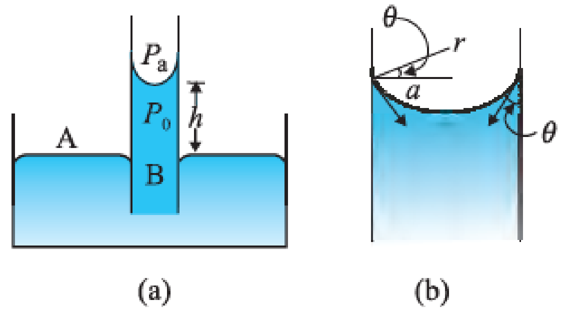
ஒரு குமிழ் ஒரு துளியிலிருந்தும் குழியிலிருந்தும் வேறுபடுவது எவ்வாறெனில், குமிழில் இரண்டு இடைமுகங்கள் உள்ளன. மேற்கண்ட விவாதங்களை பயனாக்கி

$$(P_{\text{உ}} - P_{\text{வெ}}) = \frac{4S_{\text{நீவ}}}{r} \quad (10.28)$$

என்று காண்கிறோம். இதனாலே சோப்புக் குமிழை உண்டாக்க சற்றே கடினமாக ஊதவேண்டும்; ஆனால் மிகக்கடினமாக ஊதக்கூடாது. சிறிதளவு அதிக அழுத்தம் குமிழுக்குள் தேவைப்படுகிறது.

10.6.5 நுண்குழலேற்றம்

வளைந்த நீர்மவளிம இடைமுகத்தின் இருபக்கங்களிலும் அழுத்தம் வேறுபடுவதன் ஒரு பின்விளைவு ஒரு நுண்குழலில் நீர் புவியீர்ப்புக்கு எதிராக மேலேறுவது. குழல் முடியளவுக்கு நுண்மையானதாயிருந்தால் ஏற்றம் அதிகமாயிருக்கிறது. ஆரம் r உள்ள வட்டமான குறுக்கு வெட்டுள்ள ஒரு நெடுநிற்ப நுண்குழல் படம் 10.21இல் காட்டியபடி திறந்த கொள்கலனிலுள்ள நீரில் செருகியிருப்பதை கருதுக.



படம் 10.21 நுண்குழலேற்றம். (அ) ஒரு நுண்குழல் நீரில் மூழ்கியிருப்பதன் திட்டப்படவரைவு. (ஆ) இடைமுகத்தினருகில் பெரிதாக்கிய படம்.

நீருக்கும் கண்ணாடிக்குமிடையான தொடுகோணம் குறுங்கோணம். இதனால், நுண்குழலிலுள்ள நீரின் பரப்பு குழிந்தது. இதனால் பரப்பின் இருபக்கங்களிடையில் ஒரு அழுத்தவேறுபாடு உள்ளது என்று பொருளாகிறது. இந்த அழுத்த வேறுபாட்டை

$$P_{\text{உ}} - P_{\text{வெ}} = \frac{2S}{r} = \frac{2S}{a\ \text{வெவி}\ \theta} = \frac{2S}{a}\text{உவவி}\ \theta \quad (10.29)$$

தருகிறது.

குழலின் உட்பக்கத்திலுள்ள நீரின் அழுத்தம் பிறைத்தளத்தில் (நீர்வளிம இடைமுகத்தில்) வளிக்கோள அழுத்தத்தைவிட குறைந்தது. படம் 10.21(அ)வில் A , B என்ற இரண்டு புள்ளிகளை கருதுக. அவை

$$P_{\text{வெ}} + h\rho g = P_{\text{உ}} = P_A \quad (10.30)$$

என்ற ஒரே அழுத்தத்தில் இருக்கவேண்டும்; இங்கு, ρ நீரின் அடர்வு; h **நுண்குழலேற்றம்** எனப்படுகிறது (படம் 10.21(அ)). (10.29), (10.30)ஆகிய சமன்பாடுகளை பயன்படுத்தி

$$h\rho g = (P_{\text{உ}} - P_{\text{வெ}}) = \frac{2S\ \text{உவவி}\ \theta}{a} \quad (10.31)$$

என்று பெறுகிறோம்.

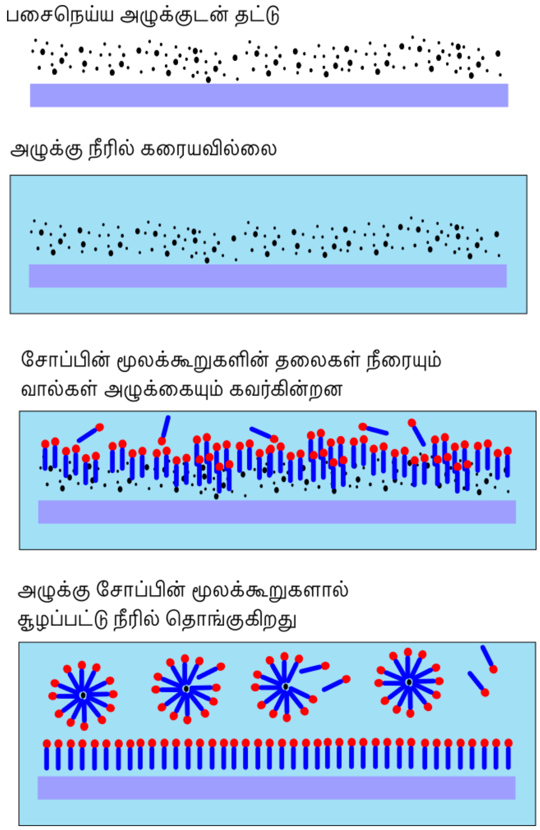
இந்த உரையும் (10.26), (10.27)ஆகிய சமன்பாடுகளும் நுண்குழலேற்றம் பரப்புவிறைப்பால் ஏற்படுகிறது என்பதை தெளிவாக்குகின்றன. இது a சிறிதாகும்போது பெரிதாகிறது. பொதுவாக மெல்லிய நுண்குழல்களுக்கு இது ஒரு சில செமீ. சான்றாக, $a = 0.05\ cm$ எனில் நீரின் பரப்புவிறைப்பின் மதிப்பு அட்டவணை 10.3இலிருந்து

$$h = \frac{2S}{\rho g a}$$

$$= \frac{2 \times (0.073\ N\ m^{-1})}{(10^3\ kg\ m^{-3})(9.8\ m\ s^{-1})(5 \times 10^{-4}\ m)}$$

$$= 2.98 \times 10^{-2}\ m = 2.98\ cm$$

பாதரசத்தில் இருப்பதுபோல் நீர்மப்பிறைத் தளம் குவிவெனில், அதாவது உவவி θ எதிர்மமெனில், நீர்மம் நுண்குழலில் தாழ்ந்திருக்கும் என்பது (10.30)இலிருந்து தெளிவாகிறது.



படம் 10.22 மூலக்கூறு மட்டத்தில் அழுக்குநீக்கி செயலாற்றல்

10.6.6 அழுக்குநீக்கிகளும் பரப்புவிறைப்பும்

பருத்தித்துணிகளிலும் மற்றத்துணிகளிலும் ஒட்டிக்கொள்ளும் பசைநெய்யமும் நெய்யக் கறையுமுள்ள துணிகளை வெளுக்க சோப்பையோ அழுக்குநீக்கியையோ நீருடன் சேர்த்து துணிகளை அதில் ஊறவைத்து துவைக்கிறோம். இந்த நிகழ்முறையை மேலும் புரிந்துகொள்வோம்.

நீரால் வெளுப்பது பசைநெய்யக்கறைகளை அகற்றுவதில்லை. ஏனெனில், நீர் பசைநெய்ய அழுக்கை நனைப்பதில்லை. அதாவது அவற்றிடையான தொடுகைப்பரப்பு மிகக் குறைவே. நீர் பசைநெய்யத்தை நனைக்க வியன்றால் நீரின் பாய்வு பசைநெய்யத்தின் ஒரு பகுதியை அடித்துச்செல்லலாம். இதுபோன்ற ஒரு விளைவை நாம் அழுக்குநீக்கியை சேர்ப்பதால் பெறலாம். அழுக்குநீக்கியின் மூலக்கூறுகள் கொண்டையூசி வடிவமானவை. இவற்றின் ஒரு நுனி நீருடனும் மறுநுனி பசைநெய்யம், நெய்யம், மெழுகு போன்றவற்றின் மூலக்கூறுகளுடனும் இணைந்து நீர்நெய்ய இடைமுகத்தை உண்டாக்கும் போக்குடையவை. இதன் விளைவை படம் 10.22 படிப்படியாக காட்டுகிறது.

அறிவிய மொழியில், ஒரு நுனியில் நீரையும் மறு நுனியில் நெய்யத்தையும் ஈர்க்கும் மூலக்கூறுகளாலான அழுக்குநீக்கியை சேர்க்கும்போது நீர்நெய்ய இடைமுகத்தின் S என்ற பரப்புவிறைப்பு வெகுவாக குறைகிறது என்கிறோம். இவ்வாறான இடைமுகத்தை உண்டாக்குவது ஆற்றலால் எளிதானது. அதாவது, அழுக்குருண்டையை சூழ்ந்து அழுக்குநீக்கியும் அதைச்சூழ்ந்து நீரும் உண்டாவது எளிது. இத்தகைய பரப்புச்செயலாக்கியை பயன்படுத்தும் நிகழ்முறை துவைப்பதில் மட்டுமல்லாமல் நெய்யம், கனிமத்தாது, இன்ன பிறவற்றை மீட்பெற உதவுகிறது.

சிக்கல் 10.11

$2.00mm$ ஆரமுள்ள ஒரு நுண்குழலின் அடிப்பாகத்தை ஒரு மூக்குக்குடுவையிலுள்ள நீரின் பரப்பின்கீழ் $8\,cm$ தாழ்த்துகிறோம். நீரிலுள்ள அதன் நுனியில் ஒரு அரைக்கோளக் குமிழை ஊத குழலில் தேவைப்படும் அழுத்தம் என்ன? பரிசோதனைவெப்பநிலையில் நீரின் பரப்புவிறைப்பு $7.30 \times 10^{-2}\,N\,m^{-1}$; 1 வகோ வழுத்தம் $1.01 \times 10^{5}\,Pa$; நீரின் அடர்வு $1000\,kg/m^{3}$. மிகுதியழுத்தத்தையும் கணக்கிடுக.

தீர்வு

ஒரு நீர்மத்திலுள்ள வளிமக்குமிழின் மிகுதியழுத்தம் $2S/r$; இங்கு, S நீர்மவளிமயிடை முகத்தின் பரப்புவிறைப்பு. இந்த வேற்றத்தில் ஒரு பரப்பே உள்ளதை நோக்குக. (வளிமத்திலுள்ள நீர்க்குமிழில் இரண்டு பரப்புகள் உள்ளன. அதனால் அந்த வேற்றுவத்தில் மிகுதியழுத்தம் $4S/r$.) குமிழின் ஆரம் r. குமிழின் வெளியிலுள்ள அழுத்தமான $P_{வெ}$ வளிக்கோள அழுத்தத்துடன் $8\,cm$ நீர்த்தம்பத்தின் அழுத்தம் சேர்ந்தது. அதாவது

$$P_{வெ} = 1.01 \times 10^{5}\,Pa + 0.08\,m \times 1000\,kg\,m^{-3} \times 9.80\,m\,s^{-2} = 1.01784 \times 10^{5}\,Pa$$

எனவே, குமிழின் உள்ளழுத்தம்

$$P_{உ} = P_{வெ} + \frac{2S}{r}$$

$$= 1.01784 \times 10^{5}\,Pa + \frac{2 \times 7.30 \times 10^{-2}\,Pa\,m}{10^{-3}\,m}$$

$$= 1.02 \times 10^{5}\,Pa$$

இங்கு, குமிழ் அரைக்கோளம் என்பதால் அதன் ஆரம் நுண்குழலின் ஆரத்துக்கு சமம். (விடையை மூன்று பொருளுடையிலக்கங்களுக்கு துன்முழுவாக்கினோம்). குமிழில் மிகுதியழுத்தம் $1.46\,Pa$.

சுருக்கவுரை

1. பாய்மத்தின் அடிப்படைப்பண்பு அது பாய்கிறது என்பதே. பாய்மத்தின் வடிவம் மாறுவதற்கு எவ்வித தடையும் இல்லை. இதனால் பாய்மத்தின் வடிவத்தை கொள்கலனின் வடிவம் கட்டுப்படுத்துகிறது.
2. நீர்மம் அமுக்கத்தகாதது; அதற்கென ஒரு தனி பரப்பு இருக்கிறது. வளிமம் அமுக்கத்தக்கது; அது கிடைக்கும் பருமன்முழுவதிலும் பரவிக்கொள்கிறது.
3. பாய்மம் A என்ற ஒரு பரப்பின்மீது F என்ற செங்கோட்டுவிசையை செலுத்தினால், $P_{சரா}$ என்ற சராசரியழுத்ததை விசையின் பரப்புக்கான விகிதமாக வரையறுக்கிறோம்.
$$P_{சரா} = \frac{F}{A}$$
4. அழுத்தத்தின் அலகு பாசுக்கல் (Pa). இது $N\ m^{-2}$க்கு சமம். அழுத்தத்துக்காக வழக்கிலிருக்கும் மற்ற அலகுகள்
$$1\ \text{வகோ} = 1.01 \times 10^5\ Pa$$
$$1\ \text{பார்} = 10^5\ Pa$$
$$1\ \text{தொரி} = 133\ Pa = 0.133\ kPa$$
$$1\ mm\ Hg = 1\ \text{தொரி} = 133\ Pa$$
5. பாசுக்கல்விதியின் கூற்று: ஓய்விலுள்ள பாய்மத்தில் ஒரே உயரத்திலுள்ள எல்லாப்புள்ளிகளிலும் அழுத்தம் சமம். கொள்கலனிலுள்ள பாய்மத்தில் செலுத்தப்படும் அழுத்தமாற்றம் குறையாமல் நீர்மத்தின் எல்லாப்புள்ளிகளுக்கும் கொள்கலனின் சுவர்களுக்கும் அனுப்பப்படுகிறது.
6. ஒரு பாய்மத்தில் அழுத்தம் h என்ற ஆழத்துடன் மாறுபடுவதை
$$P = P_a + \rho g$$
தருகிறது: இங்கு, ρ பாய்மத்தின் அடர்வு. இதை சீரானதாக எடுகொள்கிறோம்.
7. சீருறுதிப்பாய்வில் சீரற்ற குறுக்குவெட்டுள்ள குழாயின் எல்லாப்புள்ளிகளிலும் ஒரு நொடியில் பாயும் ஒரு அமுங்காப்பாய்மத்தின் பருமன் சமம்.
$vA =$ மாறிலி (v திசைவேகம்; A குறுக்குவெட்டுப்பரப்பு).
இந்த சமன்பாடு அமுங்காப்பாய்மத்தின் பாய்வில் நிறையழியாக்காப்பிலிருந்து எழுகிறது.
8. *பெருனூலியின் கொள்கை*: ஒரு சீரோட்டப்பாதையின் எந்தப்புள்ளியிலும் அழுத்தம் (P), அலகுப்பருமனில் இயக்கவாற்றல் $\left(\rho v^2/_2\right)$, அலகுப்பருமனில் இயன்மவாற்றல் (ρgh) ஆகியவற்றின் கூட்டல் மாறிலி
$$P + \frac{\rho v^2}{2} + \rho gh = \text{மாறிலி}$$
அடிப்படையில் இந்த சமன்பாடு பாகுமையற்ற பாய்மத்தின் அசைவுக்கு சீருறுதிநிலையில் ஆற்றலழியாக்காப்பின் பயனாக்கம். சுழியப்பாகுமையுள்ள பாய்மம் ஏதுமில்லை; எனவே மேற்கண்ட சமன்பாடு தோராயமாகவே உண்மை. பாகுமை உராய்வைப்போன்றது; அது இயக்கவாற்றலை வெப்பவாற்றலாக மாற்றுகிறது.
9. ஒரு பாய்மத்தில் கத்தரித்திரிபு கத்தரித்தகைப்பை கட்டாயமாக்கவில்லை எனினும், ஒரு பாய்மத்தில் கத்தரித்தகைப்பை செலுத்தும்போது அது நேரத்துடன் அதிகரிக்கின்ற கத்தரித்திரிபுக்கு காரணமாகின்ற அசைவை உண்டாக்குகிறது. கத்தரித்திரிபுவீதத்துக்கு கத்தரித்தகைப்பின் விகிதத்தை பாகுமைக்கெழு என்றழைத்து η என்று குறிக்கிறோம். இந்த அடையாளங்கள் உரையில் வரையறுத்த வழக்கமான பொருளுடையவை.
10. *தோக்கசின் விதி*: $\boldsymbol{v}$ திசைவேகத்துடன் η பாகுமைக்கெழுவுள்ள ஒரு பாய்மத்தில் அசையும் a ஆரமுள்ள ஒரு கோளத்தின்மீது செயலாற்றும் பாகும இழுமை விசை $F = 6\pi\eta a\boldsymbol{v}$.
11. பரப்புவிறைப்பு என்பது நீர்மத்துக்கும் அதன் கொள்கலச்சுவருக்குமான இடைமுகத்தளத்தில் செயலாற்றும் அலகுநீளத்துக்கு ஒரு விசை. இதையே அலகுப்பரப்புக்கு பரப்பாற்றலாகவும் காணலாம். இது இடைமுகத்திலுள்ள மூலக்கூறுகளுக்கு உட்பகுதியிலுள்ள மூலக்கூறுகளைவிட அதிகப்படியான ஆற்றல்.

உங்கள் சிந்தனைக்கு

1. அழுத்தம் ஒரு திசையிலா அளவு. அழுத்தத்தை 'அலகுப்பரப்புக்கு விசை' என்று வரையறுப்பது அழுத்தம் ஒரு திசையன் என்ற தவறான எண்ணத்தை தரலாம். வரையறையில் மேற்காரணியில் வரும் விசை உண்மையில் பரப்புக்கு செங்கோட்டிலுள்ள விசையகை. பாய்மங்களைப்பற்றிய

கருத்துருக்கள் துகள்களிலிருந்தும் நெளியாப்பொருள்களிலிருந்தும் சற்றே மாறுபடுகின்றன. இங்கு நாம் பாய்மத்தின் ஒரு புள்ளியிலிருந்து மற்றொரு புள்ளிக்கு மாறும் பண்புகளை கருதுகிறோம்.

2. அழுத்தம் என்பது கொள்கலனின் சுவர்கள், பாய்மத்தில் மூழ்கிய திண்மம் போன்ற திண்மத்தின்மீது மட்டுமே செயலாற்றுவதாக நாம் எண்ணக்கூடாது. அது பாய்மத்தின் ஒவ்வொரு புள்ளியிலும் இருக்கிறது. பாய்மத்தின் ஒரு தனிகம் (படம் 10.2இல் காட்டியதுபோல்) சமநிலையில் இருக்கிறது; ஏனெனில், வெவ்வேறு திசைகளில் செயலாற்றும் விசைகள் சமமானவை.
3. அழுத்தத்துக்கான கோவை

   $P = P_{வ} + \rho g h$

   என்பது அமுங்காப்பாய்மத்துக்கே உண்மை. நடைமுறையில் நீர்மங்கள் அதிக அமுங்காமையுள்ளவை என்பதால் அவற்றுக்கு இது பயனாகிறது; இதனால் குறிப்பிட்ட உயரத்தில் அழுத்தம் மாறிலி.
4. அழுத்தத்துக்கும் வளியழுத்தத்துக்குமுள்ள வேறுபாடு அளவியழுத்தம்

   $$P - P_{வ} = P_{அ}$$
5. பாய்மப்பாய்வின் ஒரு வரைவை சீரோட்டம் என்கிறோம். ஒரு சீருறுதிப்பாய்வில் இரண்டு சீரோட்டங்கள் குறுக்கிடுவதில்லை; அவ்வாறு குறுக்கிட்டால் அந்தப்புள்ளியில் பாய்மத்துகளுக்கு இரண்டு திசைவேகங்கள் சாத்தியமாகும்..
6. பாய்மத்தில் பாகுமையிழுமை இருக்கும்போது பொருனூலியின் கொள்கை சரியாகவில்லை. இந்த வேற்றுவத்தில் இழுமைவிசை செய்யும் வேலையான வெளிக்கசிவை கணக்கிலெடுக்கவேண்டும் (படம் 10.9). அழுத்தம் (10.12)ஆம் சமன்பாடு தரும் மதிப்பைவிட குறைந்தது.
7. வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது நீர்மத்தின் மூலக்கூறுகளின் அசைவுகள் அதிகமாகி பாகுமைக்கெழு (η) குறைகிறது. ஒரு வளிமத்தில் வெப்பநிலை அதிகரிப்பது மூலக்கூறுகளின் நேர்ந்தவாறான அசைவுகளை அதிகரிக்கச்செய்கிறது; η அதிகரிக்கிறது.
8. மேறபரப்பிலுள்ள மூலக்கூறுகளின் ஆற்றல் உட்பகுதியிலுள்ளதைவிட அதிகமாயிருப்பதால் பரப்புவிறைப்பு ஏற்படுகிறது. இவ்வாறான பரப்பாற்றல் ஒரு பாய்மத்துக்கும் மற்றொரு பொருளுக்குமுள்ள இடைமுகத்தில் உண்டாகிறது. இது ஒரு தனிப்பாய்மத்தின் பண்பன்று.

இயலளவு	அடையாளம்	பருமானம்	அலகு	குறிப்பு
அழுத்தம்	P	$[M\,L^{-1}\,T^{-2}]$	பாசுக்கல் (Pa)	1 வகோ $= 1.013 \times 10^5\ Pa$, திசையிலி
அடர்வு	ρ	$[M\,L^{-3}]$	$kg\ m^{-3}$	திசையிலி
ஒப்பளவ அடர்வு		இல்லை	இல்லை	$\rho_{பொருள்}$, திசையிலி
பாகுமைக்கெழு	η	$[M\,L^{-1}\,T^{-1}]$	Pa, பாயிசு	திசையிலி
பரப்புவிறைப்பு	S	$[M\,T^{-2}]$	$N\ m^{-1}$	திசையிலி

பயிற்சிகள்

10.1 ஏனென்று விளக்குக.

a. மனிதரில் குருதியழுத்தம் மூளையிலிருப்பதைவிட காலில் அதிகம்.

b. வளிக்கோளத்தின் உயரம் 100 கிமீக்கு மேலிருப்பினும், கடலமட்டத்திலிருப்பதைவிட 6 கிமீ உயரத்திலுள்ள அழுத்தம் சுமார் பாதியாக குறைகிறது.

c. அழுத்தம் விசையை பரப்பளவால் வகுத்தது எனினும், நீர்நிலைம அழுத்தம் ஒரு திசையிலி.

10.2 ஏனென்று விளக்குக.

a. கண்ணாடியில் பாதரசத்தின் தொடுகோணம் விரிகோணம்; நீரின் தொடுகோணம் குறுங்கோணம்.

b. தூய கண்ணாடிப்பரப்பில் நீர் பரவும் போக்குள்ளது; பாதரசம் துளிகளை உண்டாக்குகிறது. (வேறுவிதமாகச்சொன்னால், நீர் கண்ணாடியை நனைக்கிறது; பாதரசம் நனைக்கவில்லை).

c. ஒரு நீர்மத்தின் பரப்புவிறைப்பு பரப்பின் பரப்பளவை சாராதது.

d. அமுக்குநீக்கி கரைந்துள்ள நீருக்கு சிறிய தொடுகோணங்கள் இருக்கவேண்டும்.

e. புறவிசைகளுக்குட்படாத நீர் எப்போதும் கோளவடிவமானது.

10.3 ஒவ்வொரு கூற்றின்பின்னும் வரும் சொற்களுளொன்றால் வெற்றிடத்தை நிரப்புக.

a. நீர்மங்களின் பரப்புவிறைப்பு வெப்பநிலையுடன் பொதுவாக __________ (அதிகரிக்கிறது, குறைகிறது).

b. வெப்பநிலையுடன், வளிமங்களின் பாகுமை _________; நீர்மங்களின் பாகுமை _________ (அதிகரிக்கிறது, குறைகிறது).

c. நெளியா மீண்மக்குணகமுள்ள திண்மங்களுக்கு கத்தரிவிசை __________ நேர்விழுக்காடானது; நீர்மங்களுக்கு _______________ நேர்விழுக்காடானது (கத்தரித்திரிபின், கத்தரித்திரிபுவீதத்தின்)

d. சீருறுதிப்பாய்விலுள்ள ஒரு பாய்மத்துக்கு, ஒரு குறுங்கழுத்தில் பாய்வுவேகம் அதிகரித்தல் __________________ பின்பற்றுகிறது (நிறையின் அழியாக்காப்பை, பெருனூலியின் கொள்கையை).

e. காற்றுத்துளைவாயிலுள்ள ஒரு விமானவொப்புருவுக்கு உண்மையான விமானத்தைவிட __________ வேகத்தில் கொந்தளிப்பு தொடங்குகிறது. (அதிகமான, குறைவான).

10.4 ஏனென்று விளக்குக.

a. ஒரு துண்டுத்தாளை கிடைமட்டமாக வைக்க அதன் மேல் ஊதவேண்டும்; கீழன்று.

b. நீர்க்குழாயை விரல்களால் மூடமுயலும்போது விரலிடுக்குகளின்வழியாக விரைவான நீர்த்தாரைகள் பீய்ச்சியடிக்கின்றன.

c. மருத்துவர் ஊசிபோடும்போது மருத்துவரின் பெருவிரலழுத்தத்தைவிட புகுத்துகுழலூசியின் அளவே பாய்வுவேகத்தை நன்கு கட்டுப்படுத்துகிறது.

d. ஒரு கொள்கலனிலுள்ள சிறு துளையின்வழியாக பாயும் ஒரு பாய்மம் கொள்கலனின்மீது ஒரு பின்னுதைப்பை உண்டாக்குகிறது.

e. தற்சுழலுள்ள ஒரு மட்டைப்பந்து பரவளையப்பாதையை பின்பற்றவில்லை.

10.5 ஒரு $50\ kg$ பெண் உயர்குதிகாலணியை அணிந்து ஒற்றைக்குதிகாலில் சமனமாகிறாள். குதிகால் $1.0\ cm$ ஆரமுள்ள வட்டவடிவமானது எனில், அது கிடைமட்டத்தரையில் செலுத்தும் அழுத்தம் என்ன?

10.6 தொரிச்செல்லியின் அழுத்தங்காட்டி பாதரசத்தை பயன்படுத்துகிறது. பாசுக்கல் $984\ kg\ m^{-3}$ அடர்வுள்ள பிரான்சிய ஒயினால் அதை மீளமைத்தார். இயல்பான வளிக்கோள அழுத்தத்துக்கு தேவையான ஒயின்றம்பத்தின் உயரத்தை காண்க.

10.7 ஒரு நெடுநிற்ப கரைகடந்த கட்டமைப்பு மீப்பெருமமாக $10^9\ Pa$ தகைப்பை தாங்கிநிற்கும்படி கட்டுமானிக்கப்பட்டது. ஆழியில் 3 கீ.மீ ஆழத்திலுள்ள ஒரு நெய்யக்கிணற்றின்மீது வைக்க இந்த கட்டமைப்பு பொருத்தமானதா? ஆழிநீரோட்டத்தை புறக்கணிக்க.

10.8 ஒரு நீரழுத்தத்தானுந்துத்தூக்கி மீயதிகமாக $3000\ kg$ நிறையுள்ள சிற்றுந்துகளை தூக்க வடிவமைக்கப்பட்டது. சுமைதாங்கும் உந்துதண்டின் குறுக்குவெட்டுப்பரப்பளவு $425\ cm^2$. சிறிய உந்துதண்டு தாங்கவேண்டிய மீயதிக அழுத்தம் என்ன?

10.9 ஒரு வளைபகரக்குழாயிலுள்ள நீரையும் மீத்தைலேற்றால்ககாலையும் பாதரசம் பிரிக்கிறது. ஒரு கையில் $10\ cm$ நீரும் மறு கையில் $12.5\ cm$ மீத்தைலேற்றால்ககாலும் இருக்கும்போது பாதரசம் மட்டமாகிறது. ஆல்ககாலின் ஒப்பளவ அடர்வு என்ன?

10.10 சென்ற பயிற்சியில் $15\ cm$ நீரையும் அதே உயரமான ஆல்ககாலையும் அந்தந்த கைகளில் ஊற்றினால் இரண்டு கைகளிலுமுள்ள பாதரசமட்டங்களின் வேறுபாடு என்ன? பாதரசத்தின் ஒப்பளவ அடர்வு 13.6.

10.11 ஒரு விரைவியின் நீர்ப்பாய்வை விவரிக்க பெருனூலியின் சமன்பாட்டை பயன்படுத்தலாமா? விளக்குக.

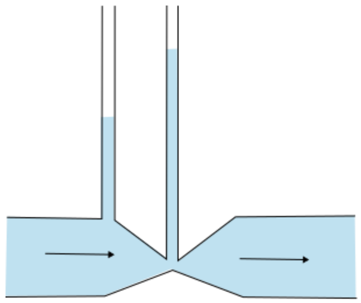
10.12 பெருனூலியின் சமன்பாட்டை பயன்படுத்தும்போது ஒப்பிலா அழுத்தத்துக்குப்பதிலாக அளவியழுத்தத்தை பயன்படுத்தினால் பரவாயில்லையா? விளக்குக.

10.13 கிளிசரின் $1.5\ m$ நீளமும் $1.0\ cm$ ஆரமுமுள்ள கிடைமட்டக்குழலில் சீருறுதியாக பாய்கிறது. ஒரு நுனியில் $4.0 \times 10^{-3}\ kg\ s^{-1}$ என்ற வீதத்தில் கிளிசரின் வந்துசேர்ந்தால்

குழாயின் இரண்டு நுனிகளிடையிலுள்ள அழுத்தவேறுபாடு என்ன? கிளிசரினின் அடர்வு $1.3 \times 10^3\ kg\ m^{-3}$; அதன் பாகுமை $0.83\ Pa\ s$. (குழலில் தாளடுக்கப்பாய்வு என்ற எடுகோளையும் சரிபார்க்க.)

10.14 காற்றுத்துளைவாயில் ஒரு விமானவொப்புருவின்மீது நிகழ்த்திய பரிசோதனையில் சிறகின் மேற்பக்கமும் கீழ்ப்பக்கமும் பாய்வுவேகங்கள் முறையே $70\ m\ s^{-1}$, $63\ m\ s^{-1}$. சிறகின் பரப்பளவு $2.5\ m^2$ எனில் அது பெறும் உயர்த்தம் என்ன? வளியின் அடர்வை $1.3\ kg\ m^{-3}$ எனக்கொள்க.

10.15 படம் 10.23 (அ)வும் (ஆ)வும் ஒரு (பாகுமையற்ற) நீர்மத்தின் சீருறுதியான பாய்வுடன் தொடர்பானவை. இரண்டில் எது சரியற்றது? ஏன்?

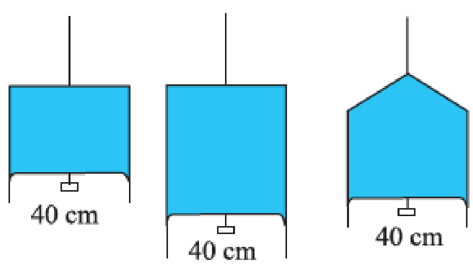


படம் 10.23

10.16 ஒரு தெளிப்பெக்கியின் $8.0\ cm^2$ குறுக்குவெட்டுள்ள உருளைக்குழலின் ஒரு நுனியில் ஒவ்வொன்றும் $1.0\ mm$ விட்டமுள்ள 40 சிறுதுளைகள் உள்ளன. குழலினுள் நீர்மப்பாய்வு நிமிடத்துக்கு $1.5\ m$ எனில், துளைகளின் வழியாக நீரின் எறிவுவேகம் என்ன?

10.17 ஒரு வளைபகரவடிவ கம்பியை சோப்புக்கரைசலில் மூழ்க்கியெடுக்கிறோம். கம்பிகளுக்கும் நிறைகுறைந்த சறுக்கிக்குமிடையில் உருவான மெல்லிய சோப்புப்படலாடை $1.5 \times 10^{-2}\ N$ எடையை (சறுக்கியின் சிறு எடையையும் சேர்த்து) தாங்குகிறது. சறுக்கியின் நீளம் $30\ cm$ எனில், படலாடையின் பரப்புவிறைப்பு என்ன?

10.18 $4.5 \times 10^{-2}\ N$ அளவுள்ள ஒரு சிறு எடையை ஒரு மெல்லிய நீர்மப்படலாடை தாங்குவதை படம் 10.24(அ) காட்டுகிறது. அதே நீர்மத்தின் படலாடை அதே வெப்பநிலையில் படம் 10.24(ஆ)விலும் படம் 10.24(இ)யிலும் தாங்கும் எடைகள் யாவை? விடையை விளக்குக.



படம் 10.24

10.19 அறைவெப்பநிலையில் $3.00\ mm$ ஆரமுள்ள பாதரசத்துளியின் உள்ளழுத்தம் என்ன? அறைவெப்பநிலையில் $(20°C)$ பாதரசத்தின் பரப்புவிறைப்பு $4.65 \times 10^{-1}\ N\ m^{-1}$. வளிக்கோளவழுத்தம் $1.01 \times 10^5\ Pa$. துளியினுள்ளுள்ள மிகுதியழுத்தத்தையும் தருக.

10.20 ஒரு சோப்புக்கரைசலின் பரப்புவிறைப்பு $20°C$ வெப்பநிலையில் $2.50 \times 10^{-2}\ N\ m^{-1}$ எனில், அந்த கரைசலின் $5.00\ mm$ ஆரமுள்ள குமிழினுள் மிகுதியழுத்தம் என்ன? இந்த சோப்புக்கரைசலுள்ள கொள்கலனில் $40\ cm$ ஆழத்தில் அதே அளவுள்ள ஒரு வளிக்குமிழ் உருவானால், அந்தக்குமிழினுள்ளுள்ள அழுத்தம் என்ன? (சோப்புக்கரைசலின் ஒப்புமை அடர்வு 1.20; வளிக்கோள அழுத்தம் $1.01 \times 10^5\ Pa$).

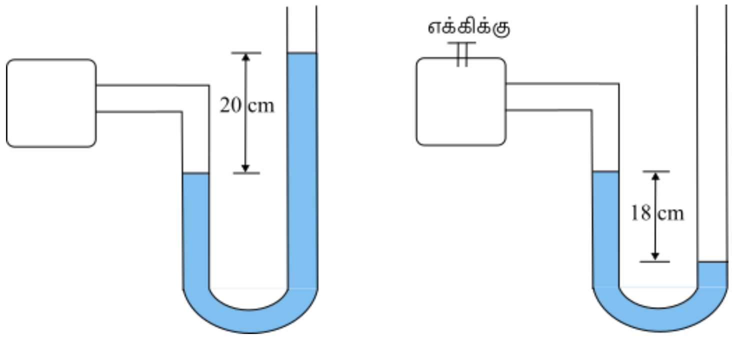
மேலும் பயிற்சிகள்

10.21 $1.0\,m^2$ பரப்புள்ள சதுர அடிப்பாகமுள்ள ஒரு தொட்டியின் நடுவில் ஒரு நெடுநிற்ப வகிர்வியை வைத்து பிரிக்கிறோம். வகிர்வியின் அடிப்பாகத்தில் $20\,cm^2$ பரப்புள்ள ஒரு சிறு கதவு உள்ளது. தொட்டியின் ஒரு பக்கத்தை நீராலும் மற்றதை 1.7 ஒப்பும அடர்வுள்ள ஒரு அமிலத்தாலும் $4.0\,m$ உயரத்துக்கு நிரப்புகிறோம். கதவை மூடி வைத்திருக்க தேவைப்படும் விசையை கணக்கிடுக.

10.22 ஒரு அழுத்தளவி படம் 10.25(அ)வில் காட்டியபடி ஒரு அடைப்பிலுள்ள வளிமத்தின் அழுத்தத்தை அளக்கிறது. ஒரு எக்கி ஓரளவு வளிமத்தை நீக்கும்போது அழுத்தளவி படம் 10.25(ஆ)விலுள்ளதுபோல் காட்டுகிறது. அழுத்தளவியில் பயன்படும் நீர்மம் பாதரசம்; வளிக்கோள அழுத்தம் பாதரசத்தின் $76\,cm$.

a. (அ), (ஆ) என்ற வேற்றுவங்களில் அடைப்பிலுள்ள வளிமத்தின் ஒப்பிலா அழுத்தத்தையும் அளவியழுத்தத்தையும் பாதரசத்தின் செண்டிமீட்டரலகில் தருக.

b. (ஆ) என்ற வேற்றுவத்தில் $13.6\,cm$ நீரை (பாதரசத்துடன் கலக்காது) அழுத்தளவியின் வலப்பக்கக்கையில் ஊற்றினால் மட்டங்கள் எவ்வாறு மாறுவன?



படம் 10.25

10.23 இரண்டு கொள்கலன்களுக்கு ஒரே அடிப்பரப்பும் வெவ்வேறு வடிவங்களும் உள்ளன. ஒரு குறிப்பிட்ட உயரம்வரை நிரம்ப இரண்டாம் கலன் எடுப்பதைவிட முதற்கலன் இரண்டு மடங்கு பருமனை எடுக்கிறது. நீர் அடிப்பாகத்தில் செலுத்தும் விசை இரண்டு வேற்றுவங்களிலும் ஒன்றா? ஆம் எனில், ஒரே உயரத்துக்கு நீர் நிரம்பிய இரண்டு கலன்களும் எடைத்தராசில் வெவ்வேறு அளவுகளை காட்டுவது ஏன்?

10.24 குருதிவடிமாற்றத்தின்போது ஊசியை $2000\,Pa$ அளவியழுத்தமுள்ள சிரையில் செருகுகிறார்கள். குருதி சிரையில் நுழைய குருதிக்கொள்கலனை வைக்கவேண்டிய மீக்குறைந்த உயரம் என்ன? (அட்டவணை 10.1இலிருந்து முழுக்குருதியின் அடர்வை பெறலாம்).

10.25 பெருனூலியின் சமன்பாட்டை வருவித்தபோது குழலிலுள்ள நீர்மத்தின்மீது செய்யப்படும் வேலையை அதன் இயன்மவாற்றலிலும் இயக்கவாற்றலிலும் ஏற்படும் மாற்றத்துக்கு சமமாக்கினோம். (அ) $2\times10^{-3}\,m$ விட்டமுள்ள தமனியில் குருதிப்பாய்வு தாளடுக்கப்பாய்வாயிருக்க, அதன் மீப்பெருமத்திசைவேகம் என்ன? (ஆ) பாய்மத்திசைவேகம் அதிகரிக்கும்போது வெளிக்கசிவாக்கவிசை அதிக முக்கியமாகிறதா? பண்பியமாக விளக்குக.

10.26 (அ) $2\times10^{-3}\,m$ ஆரமுள்ள தமனியில் குருதிப்பாய்வு தாளடுக்கப்பாய்வாயிருக்க அதன் மீப்பெரும சராசரித்திசைவேகம் என்ன? (ஆ) நிகரான பாய்வுவீதம் என்ன? (குருதியின் பாகுமை $2.084\times10^{-3}\,Pa\,s$ எனகொள்க.)

10.27 ஒரு விமானம் மாறாவேகத்தில் மட்டப்பறப்பிலிருக்கிறது. அதன் இரண்டு சிறகுகளுள் ஒவ்வொன்றின் பரப்பளவும் $25\,m^2$. வளியின் வேகம் சிறகின் கீழ்ப்பரப்பில் $180\,km/h$, மேற்பரப்பில் $232\,km/h$ எனில், விமானத்தின் நிறையை தீர்மானிக்க. (அடர்வு $2\,kg\,m^{-3}$ எனக்கொள்க.)

10.28 மில்லிக்கனின் நெய்யத்துளிப்பரிசோதனையில் $2.0\times10^{-5}\,m$ ஆரமும் $1.2\times10^{3}\,kg\,m^{-3}$ அடர்வுமுள்ள மின்மமற்ற துளியின் இறுதித்திசைவேகம் என்ன? பரிசோதனைவெப்பநிலையில் வளியின் பாகுமையை $1.8\times10^{-5}\,Pa\,s$ எனக்கொள்க. இந்த வேகத்தில் துளியின்மீதான பாகும விசை என்ன? காற்றினால் துளியின் மிதப்பை புறக்கணிக்க.

10.29 சோடாச்சுண்ணாம்புக்கண்ணாடியுடன் பாதரசத்தின் தொடுகோணம் $140°$. இந்த கண்ணாடியாலான $1.00\ mm$ ஆரமுள்ள மெல்லிய குழலை பாதரசமுள்ள ஒரு தொட்டியில் மூழ்க்குகிறோம். குழலுக்கு வெளியிலுள்ள நீர்மமட்டத்தி**ன்** ஒப்பளவில் பாதரசம் குழாயில் எந்த அளவுக்கு தாழ்கிறது? பரிசோதனைவெப்பநிலையில் பாதரசத்தின் பரப்புவிறைப்பு $0.465\ N\ m^{-1}$. பாதரசத்தின் அடர்வு $13.6 \times 10^3\ kg\ m^{-3}$.

10.30 $3\ mm$, $6.0\ mm$ விட்டங்களுள்ள இரண்டு குறுகலான புரைகளை ஒன்றுசேர்த்து இரண்டு பக்கங்களிலும் திறந்த ஒரு வளைபகரக்குழாயை உருவாக்குகிறோம். இந்த வளைபகரக்குழாயில் நீர் இருந்தால் குழாயின் இருகைகளிலுமுள்ள நீர்மட்டங்களின் வேறுபாடு என்ன? பரிசோதனைவெப்பநிலையில் நீரின் பரப்புவிறைப்பு $7.3 \times 10^{-2}\ N\ m^{-1}$. தொடுகோணம் சுழியம் என்றும் நீரின் அடர்வு $1.0 \times 10^3\ kg\ m^{-3}$ என்றும் கொள்க. $(g = 9.8\ m\ s^{-2})$.

10.31 (அ) வளியின் அடர்வு (ρ) உயரத்துடன் (y)

$$\rho = \rho_0 e^{-y/y_0}$$

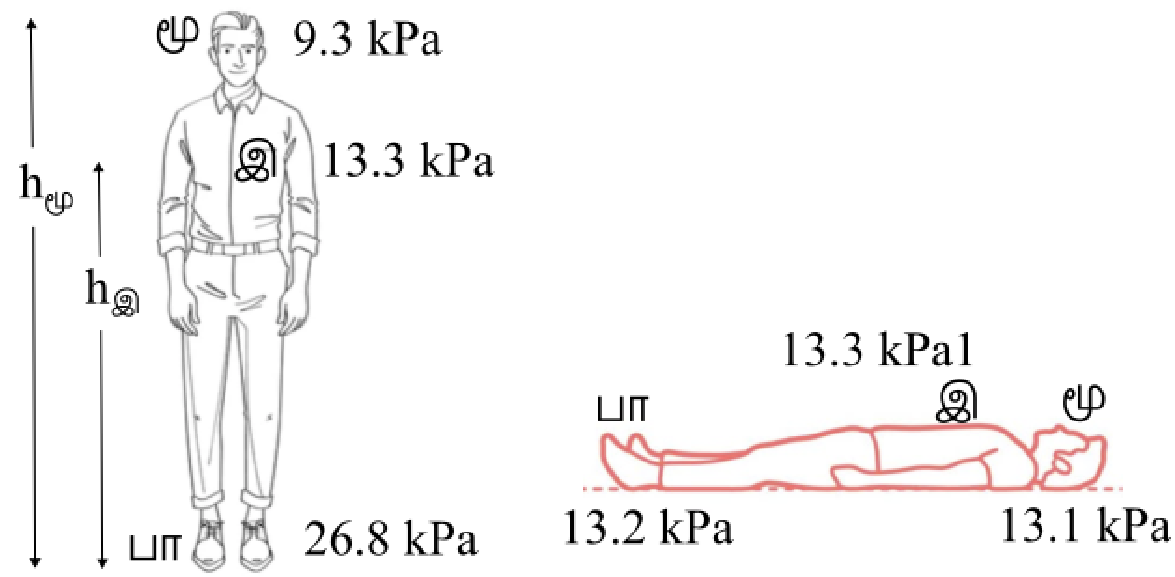
என்றவாறு குறைகிறது எ40ன்பது நாம் நன்கறிந்தது; இங்கு, $\rho_0 = 1.25\ kg\ m^{-3}$ கடலமட்டத்தில் அடர்வு, y_0 ஒரு மாறிலி. இந்த அடர்வுமாறுபாட்டை வளிக்கோளவிதி என்கிறோம். வளிக்கோளத்தின் வெப்பநிலை மாறிலி என்ற எடுகோளுடன் (சமவெப்ப நிலைமை) இந்த விதியை பெறுக. gயின் மதிப்பு மாறிலி என்றும் கொள்க.

(ஆ) $1425\ m^3$ பருமனுள்ள ஒரு பெரிய ஈலிய ஊதுபை $400\ kg$ பயன்சுமையை தூக்க பயன்படுகிறது. ஊதுபை மேலெழும்போது அதன் பருமன் மாறிலி என்க. எவ்வளவு உயரத்துக்கு இது மேலெழுகிறது? $(y_0 = 8000\ m, \rho_{He} = 0.18\ kg\ m^{-3}$ எனக்கொள்க).

r

பிற்சேர்க்கை 10.1: குருதியமுழுத்தம் என்பது என்ன?

படிமலர்ச்சிவரலாற்றில் விலங்குகள் நிமிர்ந்த நிலையிலே பெரிதளவான நேரத்தை செலவிட்ட காலமொன்று இருந்தது. இது சுற்றோட்ட அமைப்பில் பல தேவைகளை உருவாக்கியது. கீழ்க்கோடிநுனிகளிலிருந்து குருதியை இதயத்துக்கு அனுப்பும் சிரையமைப்பு மாற்றமடைந்தது. சிரைகள் குருதியை இதயத்துக்கு மீட்கொண்டு வருகின்றன என்பது நினைவிருக்கிறதா? மனிதனும் ஒட்டைச்சிவிங்கி போன்ற விலங்குகளும் குருதியை புவியீர்ப்புக்கு எதிராக மேலேற்றும் சிக்கலுக்கு தகவமைந்துகொண்டன. ஆனால் பாம்புகள், எலிகள், முயல்கள் போன்ற விலங்குகளை மேனோக்கி வைத்திருந்தால் அவை இறந்துவிடுவன. ஏனெனில் குருதி கீழ்க்கோடிநுனியில் தங்கிவிடுகிறது; சிரையமைப்பு அதை இதயத்தைநோக்கி அனுப்ப இயலவில்லை.



படம் 10.26 நிற்கும்போதும் படுக்கும்போதும் ஒரு இதயச்சுழற்சியின்போது மனிதவுடலின் பல்வேறு பாகங்களிலுள்ள தமனிகளில் அளவியமுழுத்தத்தின் திட்டப்படத்தோற்றம்.

படம் 10.26 உடலின் பல புள்ளிகளிலுள்ள தமனிகளில் கண்டறிந்த சராசரியமுழுத்தங்களை காட்டுகிறது. பாகுமைவிளைவுகள் சிறிதாயிருப்பதால் இந்த அமுழுத்தமதிப்புகளை புரிந்துகொள்ள

$$P+\frac{1}{2}\rho v^2+\rho g y = \text{மாறிலி}$$

என்ற பெருனூலியின் சமன்பாட்டை ((10.13) ஆம் சமன்பாடு) பயன்படுத்தலாம். இந்த மூன்று தமனிகளிலும் திசைவேகம் சிறிதாகவும் ($\cong 0.1\, m\, s^{-1}$) கிட்டத்தட்ட மாறிலியாகவும் இருப்பதால் $\rho v^2/2$ என்ற இயக்கவாற்றலின் கோவையை புறக்கணிக்கலாம். எனவே மூளையிலும் இதயத்திலும் பாதங்களிலுமுள்ள அளவியமுழுத்தங்களான முறையே $P_{\text{மூ}}, P_{\text{இ}}, P_{\text{பா}}$ ஆகியவற்றிடையில்

$$P_{\text{பா}} = P_{\text{இ}} + \rho g h_{\text{இ}} = P_{\text{மூ}} + \rho g h_{\text{மூ}} \qquad (10.32)$$

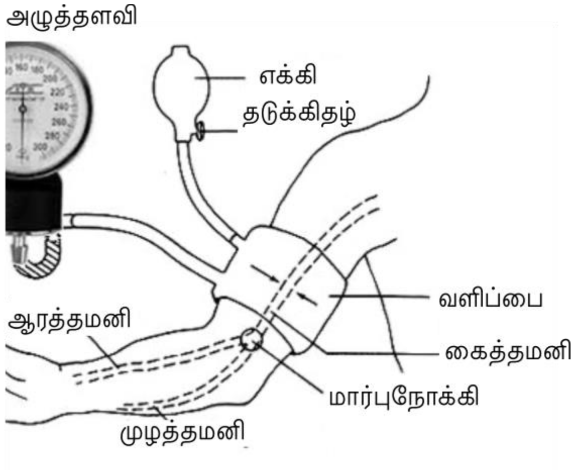
என்ற உறவு இருக்கிறது; இங்கு, ρ குருதியின் அடர்வு.

இதயத்துக்கும் மூளைக்கும் வழக்கமான உயரங்கள் $h_{\text{இ}} = 1.3\, m, h_{\text{மூ}} = 1.7\, m.\ \rho = 1.06\times 10^3\, kg\, m^{-3}$ எனக்கொண்டு, $P_{\text{இ}} = 13.3\, kPa$ (கிலோபாசுக்கல்) என்பதிலிருந்து $P_{\text{பா}} = 26.8\, kPa$ என்றும் $P_{\text{மூ}} = 9.4\, kPa$ என்றும் பெறுகிறோம். இவ்வாறு ஒருவர் நிற்கும்போது உடலின் கீழ்ப்பகுதிக்கும் மேற்பகுதிக்குமிடையில் அமுழுத்தத்தில் பெரும் வேறுபாடு உள்ளது; ஆனால் படுக்கும்போது அவை கிட்டத்தட்ட சமம். மருத்துவத்திலும் உடற்செயலியலிலும் அமுழுத்தத்துக்கு பொதுவாக பயன்படும் அலகுகள் தொரியும் பாதரசத்தின் மிமீயும் என்று உரையில் **ஏற்கெனவே** சொன்னோம். $1\, mm\, Hg = 1\, torr = 0.133\, kPa$. இதயத்தில் சராசரியான அமுழுத்தம் $P_{\text{இ}} = 13.3\, kPa = 100\, mm\, Hg$.

மனிதவுடல் இயற்கையின் ஒரு விந்தை. கீழ்க்கோடிநுனியிலுள்ள சிரைகளில் தடுக்கிதழ்கள் உள்ளன. இவை குருதி இதயத்தைநோக்கி பாயும்போது திறந்து கீழ்நோக்கி வடியப்போகும்போது மூடிக்கொள்கின்றன. மேலும், மூச்சுவிடும்போது ஏற்படும் எக்கச்செயலும் நடக்கும்போது சட்டகத்தசைகள்

மடங்குவதும் குருதியை இதயத்துக்கு அனுப்புவதில் பங்கேற்கின்றன. ஒரு படைவீரன் விறைப்பாக நிற்கும்போது குருதி போதுமான அளவுக்கு இதயத்துக்கு திரும்பாததால் மயக்கமடையலாம். அவனை படுக்கவைக்கும்போது அழுத்தம் சமமாகி அவன் மயக்கந்தெளிகிறான்.

துடிப்பழுத்தளவி எனப்படும் ஒரு செங்கருவி மனிதரில் குருதியழுத்தத்தை அளக்க பயன்படுகிறது. இது ஒரு விரைவான வலியற்ற வன்புகாத செய்நுட்பம். இது மருத்துவருக்கு நலம்பெறுநரின் உடனலத்தைப்பற்றிய ஒரு நம்பகமான கருத்தை வழங்குகிறது. இந்த அளவீட்டு முறையை படம் 10.27 காட்டுகிறது. மேற்கையை பயன்படுத்த இரண்டு காரணங்கள் உள்ளன. முதலில், அது இதயத்தின் மட்டத்தில் இருப்பதால் இங்கு மேற்கொள்ளும் அளவீடு இதயத்தின் மதிப்புக்கு அருகிலான மதிப்பை தருகிறது. இரண்டாவதாக, மேற்கையில் ஒற்றையெலும்பு உள்ளதால் இங்குள்ள (மேற்கைத்தமனி எனப்படும்) தமனியை அமுக்குவது எளிது. மணிக்கட்டில் விரலை வைத்து இதயத்துடிப்புவீதத்தை அளப்பதை நாம் அறிவோம். ஒவ்வொரு துடிப்புக்கும் ஒரு நொடியைவிட சற்றுக்குறைவான நேரம் ஆகிறது. ஒவ்வொரு துடிப்பின்போதும் இதயம் குருதியை எக்குவதால் இதயத்தின் அழுத்தமும் சுற்றோட்டமைப்பின் அழுத்தமும் ஒரு மீப்பெரும மதிப்பின்வழியும் (**குறுதுடியழுத்தம்**) ஒரு மீச்சிறும மதிப்பின்வழியும் (**விரிதுடிப்பழுத்தம்**) செல்கிறது. துடிப்பழுத்தளவி இந்த மீயளவ அழுத்தங்களை அளப்பதற்கான ஒரு அமைகருவி. இது **மேற்கைத்தமனியை தகுந்தவாறு அமுக்குவதன்மூலம் குருதிப்பாய்வை தாளடுக்கப்பாய்விலிருந்து கொந்தளிப்புப்பாய்வாக ஆக்கலாம்** என்ற கொள்கையால் வேலைசெய்கிறது. **கொந்தளிப்புப்பாய்வு வெளிக்கசிவானது; அதன் ஒலியை மார்புநோக்கிமூலம் கேட்கலாம்**.



படம் 10.27 துடிப்பழுத்தளவியையும் மார்புநோக்கியையும் பயன்படுத்தி குருதியழுத்தத்தை அளத்தல்

மேற்கையைச்சுற்றி கட்டிய ஒரு வளிப்பையிலுள்ள அளவியழுத்தத்தை அழுத்தளவி அளக்கிறது. முதலில் பையின் அழுத்தத்தை மேற்கைத்தமனி மூடுமளவுக்கு அதிகரிக்கிறோம். பிறகு பையிலுள்ள அழுத்தத்தை மெதுவாக குறைக்கும்போது பைக்கு சற்றுக்கீழே வைத்த மார்புநோக்கியால் மேற்கைத்தமனியில் உண்டாகும் ஒலிகளை கேட்கலாம். அழுத்தம் குறுதுடியழுத்தத்துக்கு (உச்சம்) சற்றுக்கீழ் இருக்கும்போது தமனி சிறிதுநேரம் திறக்கிறது. இந்த குறுநேரத்தில் மிகவும் நெறிப்புண்ட தமனியில் குருதியின் திசைவேகம் அதிகம்; கொந்தளிப்பால் ஓசையும் உண்டாகிறது. இந்த ஓசை ஒரு **தட்டலொலி**யாக மார்புநோக்கியில் கேட்கிறது. பையில் அழுத்தம் மேலும் குறையும்போது தமனி இதயச்சுழற்சியின் அதிகமான நேரத்துக்கு திறந்திருக்கிறது. எனினும் இதயத்துடிப்பின் விரிதுடிப்புக்கட்டத்தின்போது (குறைந்த அழுத்தம்) மூடியே இருக்கிறது. இதனால் தட்டொலி நேரம் அதிகரிக்கிறது. பையிலுள்ள அழுத்தம் விரிதுடிப்பழுத்தத்தை அடையும்போது இதயச்சுழற்சியின் முழுவதிலும் தமனி திறந்திருக்கிறது. பாய்வு இன்னும் கொந்தளிப்புடனும் ஓசையுடனுமே இருக்கிறது. ஆனால் தட்டலோசைக்குப்பதிலாக இப்போது சீரான தொடர்ச்சியான உறுமல் கேட்கிறது.

ஒரு நலம்பெறுநரின் குருதியழுத்தத்தை குறுதுடிப்பழுத்தத்துக்கும் விரிதுடிப்பழுத்தத்துக்குமான சேர்க்கையாக தருகிறார்கள். ஒரு நலமான முதுவர் ஓய்விலிருக்கும்போது இது வழக்கமாக $120/80\ mm\,Hg$ ($120/80$ தொரி). $140/90$ க்கு மேலான அழுத்தங்கள் இருந்தால் மருத்துவ கவனமும் ஆலோசனையும் தேவை. உயர் குருதியழுத்தம் இதயத்துக்கும், சிறுநீரகத்துக்கும் மற்ற உறுப்புகளுக்கும் சேதமுண்டாக்கலாம்; அதை கட்டுப்படுத்தவேண்டும்.