அலகு 3

இயக்க விதிகள் (Laws of motion)

"உலகம் தோன்றிய காலத்திலிருந்தே இயந்திரவியல் உள்ளது" – வான் லாவ்

கற்றலின் நோக்கங்கள்

இந்த அலகில் மாணவர்கள் அறிந்து கொள்ள இருப்பது

- நியூட்டனின் விதிகள்
- நியூட்டனின் விதிகளுக்கிடையேயான தர்க்கரீதியான தொடர்பு
- தனித்த பொருளின் விசைப்படம் மற்றும் தொடர்புடைய கணக்குகள்
- உந்த மாறாவிதி
- பொருட்களின் இயக்கத்தில் உராய்வு விசையின் பங்கு
- மையநோக்கு மற்றும் மைய விலக்கு விசைகள்
- மையவிலக்கு விசையின் தோற்றுவாய் (origin)

3.1 அறிமுகம்

பிரபஞ்சத்தில் உள்ள ஒவ்வொரு பொருளும், மற்ற பொருட்களுடன் தொடர்பு கொண்டுள்ளன. குளிர்ந்த தென்றல் மரத்துடன் தொடர்பு கொண்டுள்ளது, மரம் மண்ணுடன் தொடர்பு கொண்டுள்ளது. சுருங்கக்கூறின் அனைத்து உயிரினங்களும் இயற்கையுடன் தொடர்பு கொண்டுள்ளன. மற்ற உயிரினங்கள் இயற்கையுடன் கொண்டுள்ள தொடர்பைவிட, மனித இனம் இயற்கையுடன் கொண்டுள்ள தொடர்பு கொஞ்சம் வேறுபட்டதாகும். ஏனெனில் மனித இனம் இயற்கை நிகழ்வுகளை புரிந்து கொண்டு அவற்றை அறிவியல் முறையில் விளக்க முற்படுகிறது.

மனித இன வரலாற்றில் மனிதனால் மிகுந்த ஆர்வமுடன் கேட்கப்பட்ட அறிவியல் கேள்விகள் இயங்கும் பொருட்களைப் பற்றியது ஆகும். அவை "பொருட்கள் எவ்வாறு இயங்குகின்றன?" "பொருட்கள் ஏன் இயங்குகின்றன?" என்பன போன்றவை.

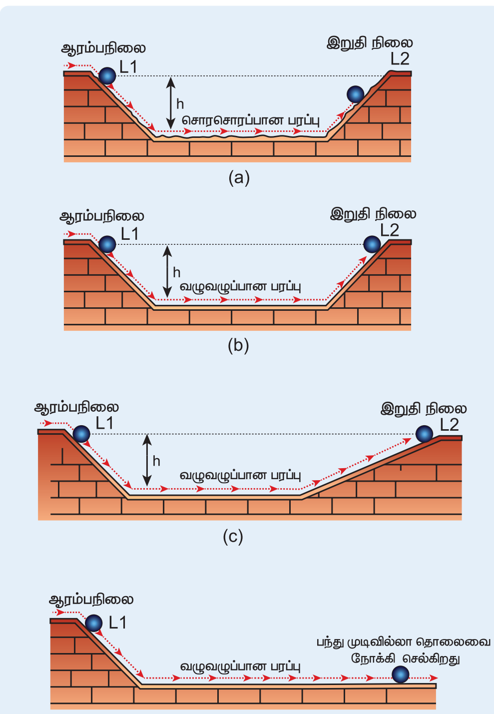
ஆச்சரியம் என்னவென்றால் இந்த எளிய கேள்விகள்தாம் மனித இனம் பண்டைய நாகரிக காலத்திலிருந்து 21 ஆம் நூற்றாண்டின் தொழில்நுட்ப காலகட்டத்திற்கு வருவதற்கு பாதை அமைத்துக் கொடுத்தது.

ஒரு பொருள் நகரக் காரணம் ஏதோ ஒன்று அதை இழுக்கிறது அல்லது தள்ளுகிறது. உதாரணமாக, புத்தகம் ஒன்று ஓய்வு நிலையில் உள்ளது. வெளிப்புற விசை அதன் மீது செயல்படாதவரை அது நகராது. சுருங்கக்கூறின் பொருட்களை நகர வைக்க கட்டாயம் அதன்மீது ஒரு விசை செயல்பட வேண்டும். 2500 ஆண்டுகளுக்கு முன்னர் புகழ் பெற்ற தத்துவஞானி அரிஸ்டாட்டில் (Aristotle) *விசை இயக்கத்தை ஏற்படுத்துகிறது* என்று கூறினார். அவரின் கூற்று பொதுப்புரிதலின் (common sense) அடிப்படையில் அமைந்திருந்தது. ஆனால் அறிவியல் கூற்றுகள் என்பது பொதுப்புரிதலின் அடிப்படையில் மட்டும் அமைந்திருக்க முடியாது. மாறாக அறிவியல் சோதனையின் அடிப்படையில் அனைவராலும் ஒப்புக்கொள்ளப்பட வேண்டும். 15 ஆம் நூற்றாண்டில், கலிலியோ தொடர்ச்சியாக மேற்கொண்ட சோதனைகளின் அடிப்படையில்

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 106 06-01-2022 01:36:31

இயக்கம் பற்றிய அரிஸ்டாட்டிலின் கூற்றினை மறுத்தார். ஒரு பொருள் தொடர்ந்து இயங்குவதற்கு விசை அவசியமில்லை என்று கலிலீயோ ஒரு புதிய கருத்தினை முன்மொழிந்தார்.

கலிலீயோ இயக்கம் பற்றிய தன்னுடைய கருத்தை, ஒரு எளிய சோதனைமூலம் விளக்கினார். அச்சோதனையின்படி, படம் 3.1 (a) வில் காட்டியுள்ளபடி பந்து ஒன்று குறிப்பிட்ட கோணமுடைய சாய்தளம் ஒன்றின் மேற்புறத்திலிருந்து உருண்டு கீழே வருகிறது. அது தரையை அடைந்து சிறிது தூரம் உருண்டு சென்று எதிரே உள்ள அதே கோணமுடைய மற்றொரு சாய்தளத்தின் வழியே உருண்டு மேலே ஏறுகிறது. சாய்தளங்களை நன்கு வழுவழுப்பாக்கிய பின்னர் இச்சோதனையை மீண்டும் நிகழ்த்தும் போது பந்து முதல் சாய்தளத்தில் எவ்வளவு உயரத்திலிருந்து (L1) உருண்டு கீழே வந்ததோ அதே உயரத்திற்கு இரண்டாவது சாய்தளம் வழியாக மேலே உருண்டு



படம் 3.1 கலிலீயோவின் சாய்தளம் மற்றும் பந்து சோதனை (a) இரண்டு சாய்தளங்களும் ஒரே சாய்கோணத்தில் உள்ளபோது (b) சாய்தளப்பரப்பின் வழுவழுப்புத்தன்மையை அதிகரித்த பின்னர் (c) இரண்டாவது சாய்தளத்தின் சாய்கோணத்தைக் குறைத்த பின்னர் (d) இரண்டாவது சாய்தளத்தின் சாய்கோணத்தை சுழியாக்கிய பின்னர்

செல்கிறது (L2). (படம் 3.1 (b)) இரண்டாவது சாய்தளத்தின் கோணத்தைக் குறைத்து (படம் 3.1 (c)) அதே வழுவழுப்புடன் இச்சோதனையை மீண்டும் நிகழ்த்தும் போது, பந்து இரண்டாவது சாய்தளத்தில் சற்றே அதிக தூரம் உருண்டு சென்று எவ்வளவு உயரத்திலிருந்து வந்ததோ அதே உயரத்தை சென்றடைகிறது.

சாய்கோணத்தை சுழியாக்கும் போது பந்து கிடைத்தளத் திசையில் என்றென்றும் தொடர்ந்து சென்று கொண்டே இருக்கும் (படம் 3. 1 (d)).

ஒரு வேளை அரிஸ்டாட்டிலின் இயக்கம் பற்றிய கருத்து உண்மையாக இருப்பின், எவ்வளவு வழுவழுப்பான சாய்தளமாக இருந்தாலும் அந்தப் பந்து கிடைத்தளத் திசையில் உருண்டு சென்றிருக்காது. ஏனெனில், கிடைத்தளத்திசையில் எவ்விதமான விசையும் செயல்படவில்லை.

இந்த எளிய சோதனை மூலம் கலிலீயோ, இயக்கம் தொடர்ந்து நடைபெற விசை அவசியமில்லை என்று நிரூபித்துக் காட்டினார். எனவே, விசைசெயல்படாத நிலையிலும் பொருளினால் தொடர்ந்து இயங்க முடியும்.

சுருங்கக் கூறின், அரிஸ்டாட்டில் இயக்கத்தோடு விசையினை இணைத்தார். ஆனால் கலிலீயோ, இயக்கத்தினை விசையிலிருந்து தனியே பிரித்தார்.

3.2 நியூட்டனின் விதிகள்

கலிலீயோ, கெப்ளர் மற்றும் கோபர்நிக்கஸ் போன்ற அறிவியல் அறிஞர்களின் இயக்கம் பற்றிய கருத்துக்களை பகுத்து ஆராய்ந்து, இயக்கம் பற்றிய ஒரு ஆழமான புரிதலை நியூட்டன் தனது மூன்று விதிகளின் வடிவில் வழங்கினார்.

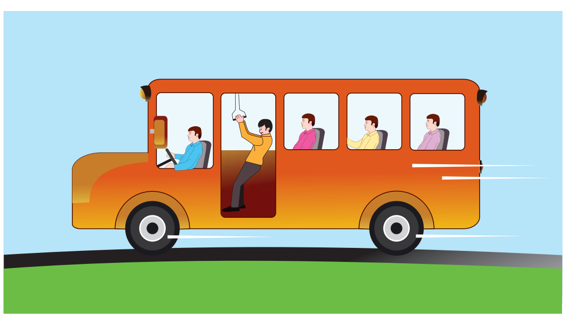
3.2.1 நியூட்டனின் முதல்விதி

ஒரு பொருளின்மீது வெளிப்புற விசை ஒன்று செயல்படாதவரை அது, தனது ஓய்வு நிலையிலோ அல்லது மாறாத்திசைவேகத்திலுள்ள சீரான இயக்க நிலையிலோ தொடர்ந்து இருக்கும்.

பொருளொன்றின், தானே இயங்க முடியாதத் தன்மை அல்லது தனது இயக்க நிலையைத் தானே மாற்றிக்கொள்ள இயலாதத்தன்மைக்கு நிலைமம் என்று பெயர். நிலைமம் என்றாலே பொருள் தனது நிலையை மாற்றுவதை எதிர்க்கும் தன்மை என்று அழைக்கலாம். இயக்கச் சூழலுக்கு ஏற்ப நிலைமத்தினை மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கலாம்.

(1) ஓய்வில் நிலைமம்

ஓய்வு நிலையிலுள்ள பேருந்து ஒன்று இயங்கத்தொடங்கும் போது அப்பேருந்தில் உள்ள பயணிகள் நிலைமத்தின் காரணமாக திடீரென்று பின்னோக்கித் தள்ளப்படுகின்றனர். ஏனெனில் பயணியின் உடல் நிலைமப்பண்பின் காரணமாக தொடர்ந்துஓய்வுநிலையிலேயேஇருக்கமுயல்கிறது. ஆனால் பேருந்து இயங்கத் தொடங்குகிறது. இதன் காரணமாகவே பயணிகளின் உடல் பின்னோக்கித் தள்ளப்படுவதாகத் தோன்றுகிறது. (படம் 3.2)



படம் 3.2 ஓய்வில் நிலைமப்பண்பின் காரணமாக பயணிகள் பின்னோக்கித் தள்ளப்படுவதாக உணர்தல்

தனது ஓய்வு நிலையைத் தானே மாற்றிக்கொள்ள இயலாத பொருளின் தன்மை, ஓய்வில் நிலைமம் எனப்படும்.

(2) இயக்கத்தில் நிலைமம்

இயக்கத்திலுள்ள ஒரு பேருந்தின் தடையை (Brake) திடீரென்று அழுத்தும்போது, பேருந்தில் உள்ள பயணிகள் நிலைமத்தின் காரணமாக முன்னோக்கித் தள்ளப்படுகின்றனர். ஏனெனில், பயணியின் உடல் நிலைமப்பண்பின் காரணமாக தொடர்ந்து இயக்க நிலையிலேயே இருக்க முயல்கிறது. ஆனால் பேருந்து ஓய்வுநிலைக்கு வரத் தொடங்குகிறது. (படம் 3.3)

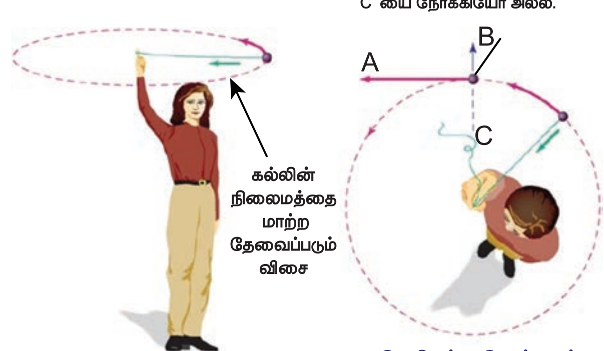
மாறாத்திசை வேகத்திலுள்ள ஒரு பொருள் தனது இயக்க நிலையைத் தானே மாற்றிக்கொள்ள இயலாதத்தன்மை, இயக்கத்தில் நிலைமம் எனப்படும்.

படம் 3.3 இயக்கத்தில் நிலைமப்பண்பின் காரணமாக பயணிகள் முன்னோக்கித் தள்ளப்படுதல்

(3) இயக்கத் திசையில் நிலைமம்

கயிற்றின் ஒரு முனையில் கட்டப்பட்ட, சுழற்சி இயக்கத்திலுள்ள கல்லானது கயிறு திடீரென்று அறுபட்டால், தொடர்ந்து வட்டப்பாதையில் சுற்ற முடியாது. அக்கல் படம் 3.4 இல் காட்டியுள்ளவாறு வட்டத்தின் தொடுகோட்டுப்பாதையில் செல்லும். ஏனெனில் வெளிப்புறவிசை செயல்படாதவரை பொருளினால் தானே தன்னுடைய இயக்கத்திசையை மாற்றிக்கொள்ள இயலாது.

இது படம் 3.4 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 3.4 சுழற்சி இயக்கத்தில் இருந்த, கயிற்றிலிருந்து அறுபட்ட கல் நிலைமப்பண்பின் காரணமாக தொடுகோட்டுப்பாதையில் செல்லுதல்.

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 108 06-01-2022 01:36:32

தனது இயக்கத்திசையினைத் தானே மாற்றிக்கொள்ள இயலாத பொருளின் தன்மை, இயக்கத்திசையில் நிலைமம் எனப்படும்.

பொருளொன்றின் ஓய்வுநிலை அல்லது மாறா திசைவேகத்திலுள்ள இயக்க நிலையை குறிப்பாயம் இன்றி கூறினால் அது பொருளற்றதாகிவிடும். எனவே, இயற்பியலில் அனைத்து இயக்கங்களையும் குறிப்பாயத்தைப் பொருத்தே வரையறுக்க வேண்டும். நிலைமக்குறிப்பாயம் என்ற ஒரு சிறப்புக் குறிப்பாயத்திற்கு மட்டுமே நியூட்டனின் முதல்விதியை பயன்படுத்த முடியும். உண்மையில் நியூட்டனின் முதல்விதி நிலைமக் குறிப்பாயத்தைத்தான் வரையறுக்கிறது.

நிலைமக் குறிப்பாயங்கள் (Inertial frames)

நிலைமக் குறிப்பாயத்திலிருந்து பார்க்கும்போது எவ்வித விசையும் செயல்படாத ஒரு பொருளானது ஓய்வு நிலையிலோ அல்லது மாறாதிசை வேகம் கொண்ட சீரான இயக்க நிலையிலோ காணப்படும். எனவே நிலைமக்குறிப்பாயம் என்ற ஒரு சிறப்புக் குறிப்பாயத்தில் உள்ள பொருள் எவ்வித விசையும் அதன்மீது செயல்படாத நிலையில் மாறாத்திசைவேகம் கொண்ட இயக்க நிலையிலோ அல்லது ஓய்வு நிலையிலோ காணப்படும். ஆனால் ஒரு பொருள் விசையை உணர்கிறதா இல்லையா என்பதை நாம் எவ்வாறு அறிவது? புவியிலுள்ள அனைத்துப் பொருட்களும் புவியீர்ப்பு விசையினை உணரும். இலட்சிய நிலையில் ஒரு பொருள் புவி மற்றும் பிற பொருட்களை விட்டு வெகுதொலைவில் உள்ளபோது மட்டுமே விசைகளற்ற நிலையை (Free body) அடையும். அப்பொருளுக்கு நியூட்டனின் முதல்விதி முழுமையாகப் பொருந்தும். வெகுதொலைவில் உள்ள அப்பகுதியை நிலைமக் குறிப்பாயமாகக் கருதலாம். ஆனால் நடைமுறையில் இது போன்ற நிலைமக் குறிப்பாயம் சாத்தியமற்றது. நடைமுறையில் புவியினை நாம் ஒரு நிலைமக்குறிப்பாயமாகக் கருதலாம். ஏனெனில் ஆய்வகத்தில் மேசை மீது வைக்கப்பட்ட புத்தகம் எப்போதும் ஓய்வு நிலையிலேயே உள்ளதாக கருதப்படுகிறது. அப்பொருள் எப்போதும் கிடைத்தளத்திசையில் முடுக்கமடைவதில்லை. ஏனெனில் கிடைத்தளத்திசையில் அதன்மீது எவ்விதமான விசையும் செயல்படுவதில்லை. எனவே, அனைத்து இயற்பியல் ஆய்வுகள் மற்றும் கணக்கீடுகளுக்கு ஆய்வகத்தினை ஒரு நிலைமக்குறிப்பாயமாகக் கருதலாம்.

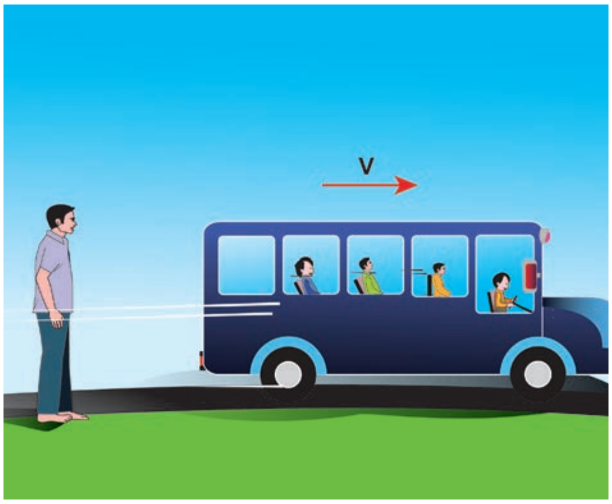
நாம் இந்த முடிவை எடுக்க பொருளின் கிடைத்தள இயக்கத்தினை மட்டும் கணக்கில் எடுத்துக்கொண்டோம். ஏனென்றால் பொருளின்மீது கிடைத்தளத் திசையில் எந்த விசையும் செயல்படவில்லை. ஆனால் இதே முடிவை எடுக்க நாம் செங்குத்துத் திசையில் பொருளின் இயக்கத்தை பகுத்தாராயக் கூடாது. ஏனெனில் கீழ்நோக்கிச் செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசையும் மேல்நோக்கிச் செயல்படும் செங்குத்து விசையும் ஒன்றை ஒன்று சமன்செய்து பொருளை ஓய்வுநிலையில் வைக்கின்றன.

எனவே, நியூட்டனின் முதல்விதி விசைகளற்ற பொருளின் இயக்கத்தை ஆராய்கிறதே தவிர செயல்படும் விசைகளின் தொகுபயன் மதிப்பு சுழியாக உள்ள பொருட்களின் இயக்கத்தை ஆராய்வதில்லை.

நிலைமக் குறிப்பாயத்தைப் பொருத்து மாறாத் திசைவேகத்துடன் செல்லும் இரயில் வண்டி ஒன்றைக்கருதுக. இரயில்வண்டிக்கு வெளியே நிலைமக்குறிப்பாயத்தைப் பொருத்து ஓய்வுநிலையிலுள்ள பொருள், இரயில் வண்டிக்கு உள்ளே அமர்ந்திருக்கும் பயணிக்கு, இரயில் வண்டியைப் பொருத்து மாறாத்திசை வேகத்துடன் இயக்க நிலையில் இருப்பதுபோன்று தெரியும். ஏனெனில் இங்கு இரயில் வண்டி நிலைமக் குறிப்பாயமாகக் கருதப்படுகிறது.

அனைத்து நிலைமக் குறிப்பாயங்களும் ஒன்றைப் பொருத்து மற்றொன்று மாறாத்திசைவேகத்துடன் இயங்குகிறது.

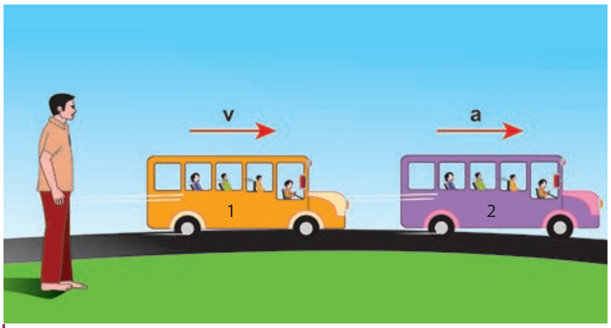
ஒரு நிலைமக் குறிப்பாயத்தில் ஓய்வு நிலையில் உள்ளது போன்று தோன்றும் ஒரு பொருள், மற்றொரு நிலைமக் குறிப்பாயத்தைப் பொருத்து மாறாத் திசை வேகத்துடன் இயக்க நிலையில் இருப்பது போன்று தோன்றும். படம் 3.5 இல் தரையில் நின்று கொண்டிருக்கும் ஒரு நபரைப் பொருத்து, v என்ற மாறாத்திசை வேகத்தில் வாகனம் ஒன்று சென்று கொண்டிருக்கிறது. தரையில் நின்று கொண்டிருக்கும் மனிதனும், அவனைப் பொறுத்து மாறாத் திசைவேகத்தில் சென்று கொண்டிருக்கும் வாகனம் இரண்டுமே நிலைமக் குறிப்பாயங்கள் ஆகும்.



படம் 3.5 மனிதன் மற்றும் வாகனம் இரண்டும் நிலைமக்குறிப்பாயங்கள்

மாறா திசைவேகத்தில் சென்று கொண்டுள்ள இரயில் வண்டியின் உள்ளே வழுவழுப்பான மேசை மீது வைக்கப்பட்டுள்ள பொருள் ஒன்றைக் கருதுக. இரயில் வண்டி திடீரென்று முடுக்கமடையும்போது எவ்விதமான விசையும் செயல்படாத நிலையில் மேசை மீதுள்ள பொருள் எதிர்த்திசையில் முடுக்கமடைவது போன்று தோன்றும். இது நியூட்டனின் முதல் விதிக்கு முற்றிலும் எதிராக உள்ளது. ஏனெனில், எவ்வித விசையும் செயல்படாத நிலையில் பொருள் முடுக்கமடைகிறது.

இதிலிருந்து நாம் புரிந்து கொள்ளவேண்டிய உண்மை என்னவெனில், இரயில்வண்டி முடுக்கமடையும்போது அது ஒரு நிலைமக் குறிப்பாயம் அல்ல. எடுத்துக்காட்டாக, படம் 3.6 இல் காட்டப்பட்டுள்ள தரையைப் பொருத்து $\vec{a}$ முடுக்கத்துடன் செல்லும் இரண்டாவது வாகனம் நிலைமக்குறிப்பாயம் அல்ல. மாறாக அது நிலைமமற்றக் குறிப்பாயம் (Non–inertial frame) ஆகும்.



படம் 3.6 நிலைமமற்றக் குறிப்பாயம் (a முடுக்கத்துடன் செல்லும் வாகனம் 2)

இவ்வகையான நிலைமமற்ற குறிப்பாயங்களுக்கு முடுக்கப்பட்ட குறிப்பாயங்கள் (accelerated frames of references) என்று பெயர். சுழலும் குறிப்பாயங்களும் முடுக்கப்பட்ட குறிப்பாயங்களே, ஏனெனில், சுழற்சி இயக்கத்திற்கு முடுக்கம் அவசியமாகும். இக்கருத்தின்படி, புவி உண்மையில் ஒரு நிலைமக் குறிப்பாயம் அல்ல. ஏனெனில் புவிக்கு தற்சுழற்சி மற்றும் நீள்வட்டச் சுழற்சி என்ற இரு இயக்கங்கள் உள்ளன.

நடைமுறையில் காணப்படும் சில பொதுவான இயக்கங்களுக்கு புவியின் சுழற்சியினால் ஏற்படும் விளைவுகளைப் புறக்கணிக்கலாம். உதாரணமாக எறிபொருளின் இயக்கம், ஆய்வகம் ஒன்றில் கணக்கிடப்படும் தனி ஊசலின் அலைவு நேரம் போன்றவற்றில் புவியின் தற்சுழற்சி விளைவுகளின் தாக்கம் புறக்கணிக்கத்தக்க அளவிலேயே காணப்படும். எனவே, இத்தகைய நேர்வுகளில் புவியினை ஒரு நிலைமக் குறிப்பாயமாகக் கருதலாம். ஆனால் அதே நேரத்தில் செயற்கைக்கோள் ஒன்றின் இயக்கம் மற்றும் புவியின் காற்று மேலடுக்குச் சுழற்சி போன்ற நிகழ்வுகளில் புவியினை ஒரு நிலைமக் குறிப்பாயமாகக் கருத இயலாது. ஏனெனில் புவியின் தற்சுழற்சி இவற்றின் மீது வலிமையான தாக்கத்தை ஏற்படுத்துகிறது.

3.2.2 நியூட்டனின் இரண்டாம் விதி

ஒரு பொருளின் மீது செயல்படும் விசையானது அந்தப் பொருளின் உந்த மாறுபாட்டு வீதத்திற்கு சமமாகும்.

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (3.1)$$

சுருங்கக் கூறின், எப்பொழுதெல்லாம் ஒரு பொருளின் உந்தத்தில் மாற்றம் ஏற்படுகிறதோ, அப்பொழுதெல்லாம் அப்பொருளின்மீது விசை செயல்படுகிறது. பொருள் ஒன்றின் உந்தம் $\vec{p} = m\vec{v}$ என வரையறுக்கப்படுகிறது. பொருட்கள் இயங்கும்போது பெரும்பாலான நேரங்களில் அதன் நிறை மாறாமல் ஒரு மாறிலியாகவே இருக்கிறது.

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 110 06-01-2022 01:36:33

அத்தகைய நிகழ்வுகளில் மேற்கண்ட சமன்பாடு பின்வரும் எளிய வடிவினைப் பெறுகிறது.

$$\vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m\frac{d\vec{v}}{dt} = m\vec{a}.$$

$$\vec{F} = m\vec{a}. \qquad (3.2)$$

பொருள் எப்பொழுதெல்லாம் முடுக்கமடைகிறதோ, அப்பொழுதெல்லாம் அதன்மீது ஒரு விசை செயல்படுகிறது என்ற உண்மையை மேற்கண்ட சமன்பாடு நமக்கு உணர்த்துகிறது. விசை $\vec{F}$ மற்றும் முடுக்கம் $\vec{a}$ இரண்டும் எப்பொழுதும் ஒரேதிசையில் செயல்படும்.

நியூட்டனின் இரண்டாம் விதி என்பது அரிஸ்டாட்டிலின் இயக்கம் பற்றிய கருத்திலிருந்து அடிப்படையிலேயே வேறுபட்டதாகும். நியூட்டனைப் பொறுத்தவரை இயக்கத்தினை ஏற்படுத்த விசை அவசியமில்லை. மாறாக இயக்கத்தில் ஒரு மாற்றத்தை ஏற்படுத்தத்தான் விசை தேவைப்படுகிறது. நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியை நாம் நிலைமக் குறிப்பாயங்களில் மட்டுமே பயன்படுத்த வேண்டும் என்பதை நினைவில் கொள்ள வேண்டும்.

முடுக்கப்பட்ட குறிப்பாயங்களுக்கு நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியை இதேவடிவில் பயன்படுத்த முடியாது, சில மாற்றங்கள் தேவைப்படும்.

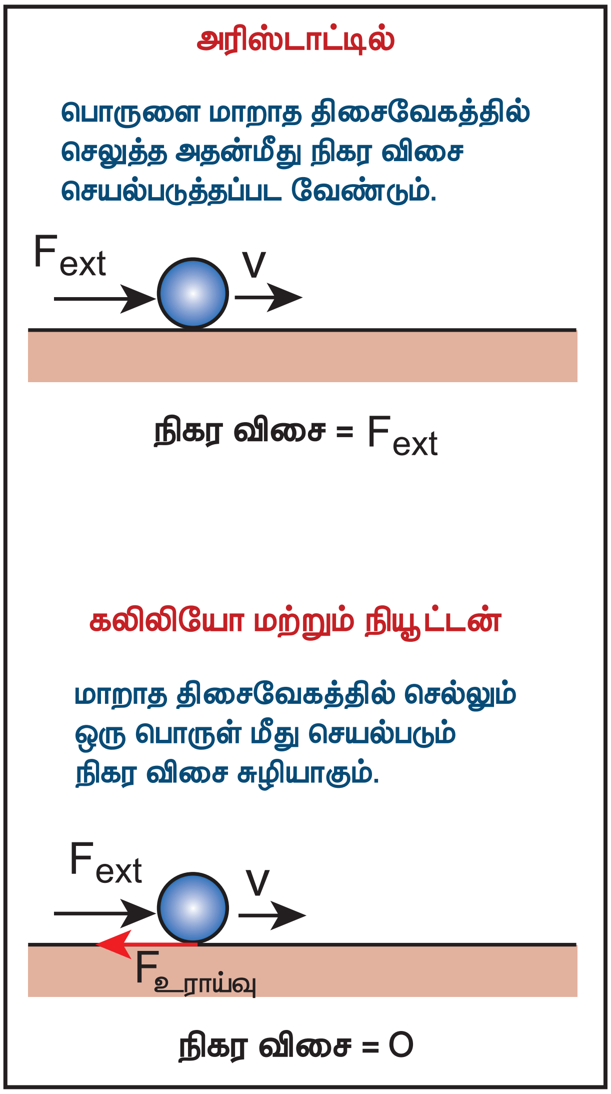
SI அலகு முறையில் விசையின் அலகு நியூட்டன். இதன் குறியீடு N ஆகும்.

1 kg நிறையுடைய பொருளின்மீது ஒரு விசை செயல்பட்டு, அந்த விசையின் திசையிலேயே 1 m s^{-2} முடுக்கத்தை ஏற்படுத்தினால் அவ்விசையின் அளவே ஒரு நியூட்டன் எனப்படும்.

சறுக்கிச் செல்லும் பொருட்கள் பற்றிய அரிஸ்டாட்டில் மற்றும் நியூட்டனின் கருத்து

பிரிவு 3.1 இல் விவாதிக்கப்பட்ட சாய்தளம் மற்றும் பந்து சோதனைக்கான சரியான விளக்கத்தினை நியூட்டனின் இரண்டாம் விதி வழங்குகிறது. அந்த சோதனையில் உராய்வினைக் கணக்கில் எடுத்துக்கொள்ளும்போது பந்து சாய்தளத்தின் அடிப்பரப்பை அடைந்தவுடன் (படம் 3.1) சிறிது தூரம் உருண்டு பின்பு ஓய்வு நிலையை அடைகிறது. இதற்குக் காரணம் பந்தின் திசைவேத்திற்கு எதிரான திசையில் ஒரு உராய்வு விசை செயல்பட்டு பந்தினை ஓய்வு நிலைக்குக் கொண்டுவருகிறது. இவ்வுராய்வு விசைதான் திசைவேகத்தைப் படிப்படியாகக் குறைத்து அதனை சுழியாக்கி பொருளின் இயக்கத்தை நிறுத்துகிறது. ஆனால் அரிஸ்டாட்டிலின் கருத்துப்படி, பொருள் சாய்தளத்தின் அடிப்பரப்பை அடைந்த உடன் சிறிது தூரம் உருண்டு சென்று பின்னர் ஓய்வு நிலைக்கு வரும். ஏனெனில் அப்பொருளின் மீது எவ்விதமான விசையும் செயல்படவில்லை.

அடிப்படையில் அரிஸ்டாட்டில் பொருளின் மீது செயல்படும் உராய்வு விசையை முற்றிலுமாகப் புறக்கணித்து விட்டார்.



படம் 3.7 பொருட்களின் இயக்கம் பற்றிய அரிஸ்டாட்டில், கலிலியோ மற்றும் நியூட்டனின் கருத்துக்கள்

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 111 06-01-2022 01:36:34

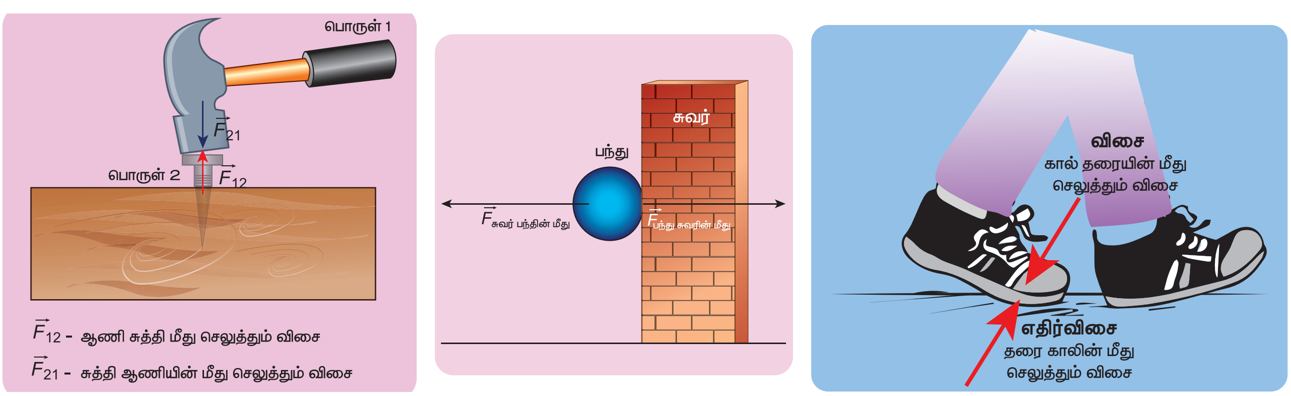
3.2.3 நியூட்டனின் மூன்றாம் விதி

படம் 3.8 (a) வைக் கருதுக. எப்பொழுதெல்லாம் ஒரு பொருள்(1) இன்னொரு பொருளின்(2) மீது ஒரு விசையைச்செலுத்துகிறதோ $(\vec{F}_{21})$,அப்பொழுதெல்லாம் அந்த இரண்டாவது பொருளும் (2) அவ்விசைக்குச் சமமான, எதிர்திசையில் செயல்படும் ஒரு விசையை $(\vec{F}_{12})$ முதல் பொருளின் மீது செலுத்தும். இவ்விரண்டு விசைகளும் இரு பொருட்களையும் இணைக்கும் கோட்டின் வழியே செயல்படும்.

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

விசைகள் சமமாகவும், எதிர்சோடிகளாகவும் (opposite pair) தோன்றும் என்பதை நியூட்டனின் மூன்றாம் விதி உறுதிப்படுத்துகிறது. தனித்த விசை அல்லது ஒரேயொரு விசை என்பது இயற்கையில் தோன்றுவதில்லை. நியூட்டனின் மூன்றாம் விதிப்படி, எந்தவொரு செயல் விசைக்கும் (action force) சமமான எதிர் செயல்விசை (reaction force) உண்டு. இங்கு செயல் மற்றும் எதிர்ச்செயல் விசைகளின் சோடி ஒரே பொருளின் மீது செயல்படுவதில்லை. மாறாக, வெவ்வேறு பொருட்களின் மீது செயல்படுகின்றன. ஏதேனும் ஒரு விசையை செயல்விசை என்று அழைத்தால் மற்றொன்றை எதிர்ச்செயல்விசை என்று அழைக்க வேண்டும். நியூட்டனின் மூன்றாம் விதி நிலைமக் குறிப்பாயம் மற்றும் முடுக்குவிக்கப்பட்ட குறிப்பாயம் ஆகிய இரண்டுக்கும் பொருந்தும்.

இச்செயல் – எதிர்ச்செயல் விசைகள் *காரணம் மற்றும் விளைவு* (cause and effect) வகைகள் அல்ல. எவ்வாறெனில், முதல்பொருள் இரண்டாவது பொருளின் மீது ஒரு விசையினைச் செலுத்தும் அதே கணத்தில் இரண்டாவது பொருள் முதல் பொருளின் மீது சமமான எதிர்விசையைச் செலுத்தும்.

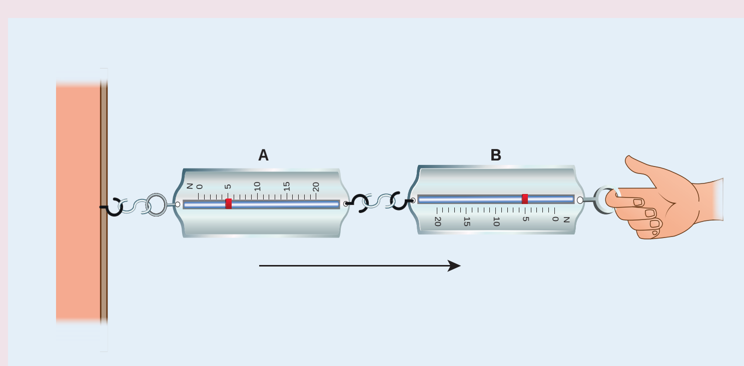


படம் 3.8 நியூட்டனின் மூன்றாம் விதிக்கான செயல்விளக்கம்
(a) சுத்தியல் மற்றும் ஆணி (b) சுவற்றில் பட்டு பின்னோக்கி வரும் பந்து (c) உராய்வுடன் தரையில் நடத்தல்

செய்து கற்க

நியூட்டனின் மூன்றாம் விதியை சரிபார்த்தல்

படத்தில் உள்ளவாறு இரண்டு சுருள்வில் தராசுகளை இணைக்கவும் ஒரு முனையை உறுதியாகப் பொருத்தவும் மறுமுனையை உங்கள் கரங்களில் வைத்துக் கொள்ளவும்.



உங்களின் கரங்களில் உள்ள முனையை மெதுவாக இழுக்கவும் இரண்டு தராசுகளும் காட்டும் அளவீடுகளைக் குறிக்கவும் இச்சோதனையை பல முறை செய்து அளவீடுகளை அட்டவணைப்படுத்தவும்.

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 112 06-01-2022 01:36:35

குறிப்பு

B தராசு, A தராசின் மீது செலுத்தும் விசையினால் A தராசில் அளவீடு கிடைக்கிறது. அதே போன்று A தராசு, B தராசின் மீது செலுத்தும் எதிர் விசையினால் B தராசில் அளவீடு கிடைக்கிறது. நியூட்டனின் மூன்றாம் விதிப்படி இவ்விரண்டு அளவீடுகளும் (விசைகளும்) ஒன்றுக்கொன்று சமமாக இருக்கும்.

B4TIW

3.2.4 நியூட்டன் விதிகள் பற்றிய ஒரு உரையாடல்

1. நியூட்டன் விதிகள் வெக்டர் விதிகளாகும். $\vec{F} = m\vec{a}$ என்பது ஒரு வெக்டர் சமன்பாடு ஆகும். அடிப்படையில் இச்சமன்பாடு மூன்று ஸ்கேலர் சமன்பாடுகளுக்கு இணையானதாகும். கார்டீசியன் ஆயக்கூறுகளின் அடிப்படையில் இதனை கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்.

$$F_x\hat{i} + F_y\hat{j} + F_z\hat{k} = ma_x\hat{i} + ma_y\hat{j} + ma_z\hat{k}$$

இருபுறமும் வெக்டர் கூறுகளை ஒப்பிடும்போது நமக்குக் கிடைக்கும் ஸ்கேலர் சமன்பாடுகள் பின்வருமாறு

$F_x = ma_x$. இங்கு x அச்சுத்திசையில் ஏற்படும் முடுக்கம் (a_x), விசையின் x அச்சுக்கூறினை (F_x) மட்டுமே சார்ந்ததாகும்.

$F_y = ma_y$. இங்கு y அச்சுத்திசையில் ஏற்படும் முடுக்கம் (a_y), விசையின் y அச்சுக் கூறினை (F_y) மட்டுமே சார்ந்ததாகும்.

$F_z = ma_z$. இங்கு z அச்சுத்திசையில் ஏற்படும் முடுக்கம் (a_z), விசையின் z அச்சுக் கூறினை (F_z) மட்டுமே சார்ந்ததாகும்.

மேற்கண்ட சமன்பாடுகளிலிருந்து நாம் அறிய வேண்டியது என்னவெனில், y திசையில் செயல்படும்விசை, x திசையில்ஏற்படும்முடுக்கத்தை எவ்விதத்திலும் பாதிக்காது. அதேபோன்று F_z ஆனது a_y மற்றும் a_x ஐ எவ்விதத்திலும் பாதிக்காது. இந்தப்புரிதல் கணக்குகளைத் தீர்வு காண்பதில் முக்கிய பங்காற்றுகிறது.

2. ஒரு குறிப்பிட்ட நேரத்தில் (t), பொருள் அடையும் முடுக்கம், அதே நேரத்தில் அப்பொருளின் மீது செயல்படும் விசையினை மட்டுமே சார்ந்தது. அந்நேரத்திற்கு (t) முன்னர் செயல்பட்ட விசையினைப் பொருத்ததல்ல. இதனை பின்வருமாறு எழுதலாம்.

$$\vec{F}(t) = m\vec{a}(t)$$

பொருளின் முடுக்கம், கடந்தகால விசையைச் சார்ந்ததல்ல. எடுத்துக்காட்டாக கிரிக்கெட் விளையாட்டில் சுழற்பந்து அல்லது வேகப்பந்து வீச்சாளரால் வீசப்பட்ட பந்து அவரின் கரத்தை விட்டு விடுபட்ட பின்பு புவியீர்ப்பு விசை மற்றும் காற்றின் உராய்வு விசை இவைகளை மட்டுமே உணரும். இந்நிலையில் பந்தின் முடுக்கம் அது எவ்வாறு (எவ்வளவு வேகமாக அல்லது மெதுவாக) வீசப்பட்டது என்பதைப் பொருத்ததல்ல.

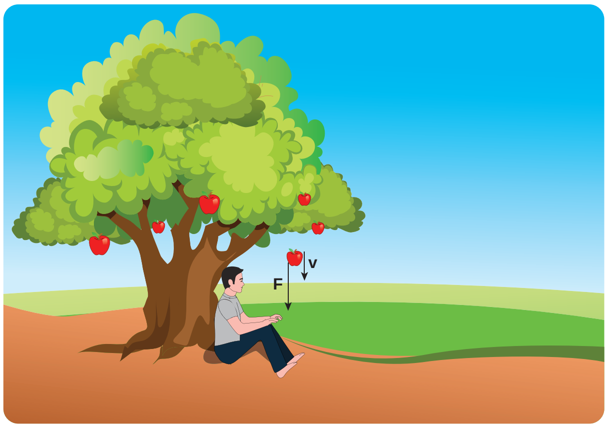
3. பொதுவாக பொருளின் இயக்கம் விசையின் திசையிலிருந்து மாறுபட்டு அமையலாம். சில நேரங்களில் விசையின் திசையிலேயே பொருள் இயங்கினாலும், பொதுவாக இது உண்மையல்ல. அதற்கான சில உதாரணங்களை கீழே காணலாம்.

நேர்வு (1) விசையும் இயக்கமும் ஒரே திசையில்

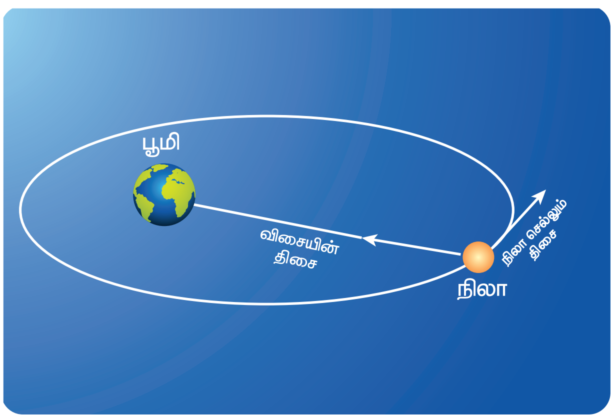
ஆப்பிள், புவியினை நோக்கி விழும்போது ஆப்பிளின் இயக்கத் திசையும் (திசை வேகமும்), ஆப்பிளின் மீது செயல்படும் புவிஈர்ப்பு விசையும் ஒரே கீழ்நோக்கிய திசையில் அமைந்துள்ளது. இது படம் 3.9 (a) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

நேர்வு (2) விசையும் இயக்கமும் வெவ்வேறு திசைகளில்:

நிலா புவியினை நோக்கி ஒரு விசையை உணர்கிறது ஆனால், நிலா புவியை ஒரு நீள்வட்டப்பாதையில் சுற்றி வருகிறது. இந்நிகழ்வில் இயக்கத்தின் திசை விசையின் திசையிலிருந்து மாறுபட்டு உள்ளதை படம் 3.9 (b) யிலிருந்து அறியலாம்.



படம் 3.9 (a) விசை மற்றும் இயக்கம் ஒரே திசையில்



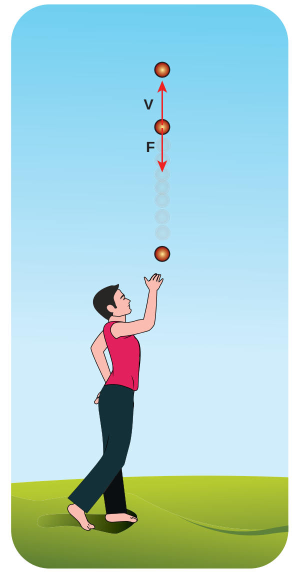
படம் 3.9 (b) விசை மற்றும் இயக்கம் வெவ்வேறு திசைகளில் (புவியை நீள்வட்டப்பாதையில் சுற்றிவரும் நிலா)

நேர்வு (3) விசையும் இயக்கமும் எதிரெதிர் திசையில்:

பொருள் ஒன்றை செங்குத்தாக மேல் நோக்கி எறியும்போது இயக்க திசை மேல் நோக்கியும், பொருளின் மீது செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசையின் திசை கீழ்நோக்கியும் செயல்படும். இது படம் 3.9 (c) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

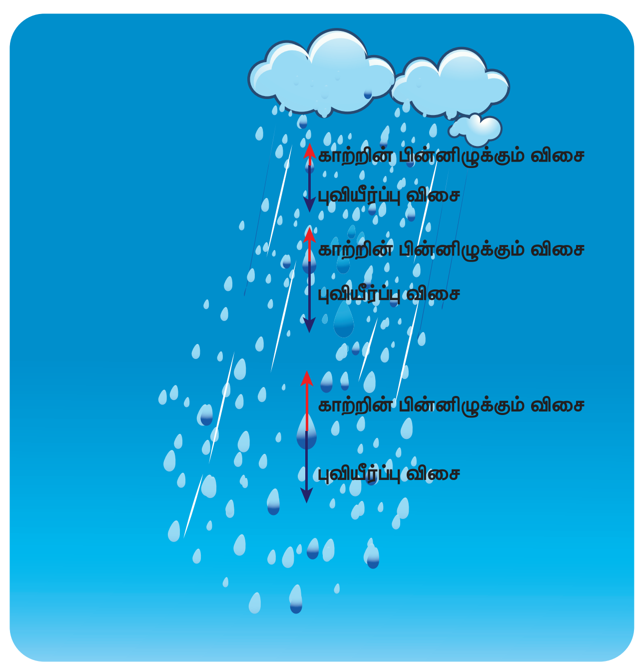
நேர்வு (4) சுழி நிகர விசையுடன் பொருளின் இயக்கம்

மேகத்திலிருந்து விடுபட்ட மழைத்துளி ஒன்று கீழ்நோக்கிச் செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசை மற்றும் மேல் நோக்கிச் செயல்படும் காற்றின் இழுவிசை இவ்விரண்டு விசைகளையும் உணர்கிறது. மழைத்துளி கீழ் நோக்கி வரும் போது காற்றின் இழுவிசை (பாகியல் விசை) அதிகரித்துக் கொண்டே சென்று ஒரு நிலையில்



படம் 3.9 (c) விசையும், இயக்கமும் எதிரெதிராக

கீழ் நோக்கிச் செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசையை சமன்செய்துவிடும். அக்கணத்திலிருந்து மழைத்துளி தரையில் விழும்வரை மாறாத்திசை வேகத்துடன் வருகிறது. எனவே மழைத்துளி சுழி நிகர விசையுடனும் ஆனால் சுழியற்ற முற்றுத்திசை வேகத்துடனும் (terminal velocity) தரையை அடைகிறது. இதுபடம் 3.9 (d) இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



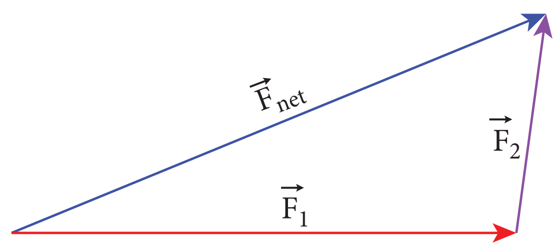
படம் 3.9 (d) சுழிநிகரவிசை மற்றும் சுழியற்ற முற்றுத்திசை வேகத்துடன் தரையை அடையும் மழைத்துளி

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 114 06-01-2022 01:36:37

4. பல்வேறு விசைகள்

$\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3 \ldots \vec{F}_n$ விசைகள் ஒரு பொருளின் மீது செயல்படும் போது, அப்பொருளின் மீது செயல்படும் நிகரவிசை ($\vec{F}_{net,}$) தனித்தனி விசைகளின் வெக்டர் கூடுதலுக்குச் சமமாகும். அந்த நிகர விசை ($\vec{F}_{net,}$) பொருளின் மீது முடுக்கத்தை ஏற்படுத்தும்.

$$\vec{F}_{net} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \ldots + \vec{F}_n$$



$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{F}_{net}$$

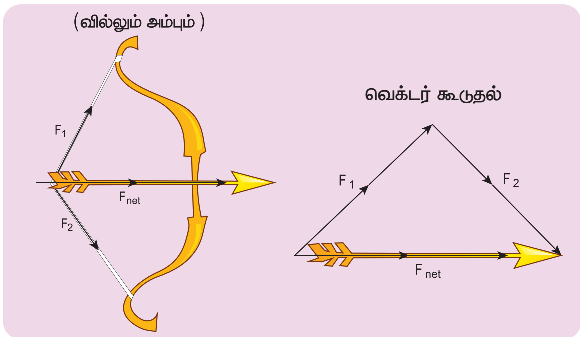
படம் 3.10 இரண்டு விசைகளின் வெக்டர் கூடுதல்

இத்தகைய நேர்வுகளில் நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியை கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்

$$\vec{F}_{net} = m\vec{a}$$

முடுக்கத்தின் திசை, நிகர(net) விசையின் திசையில் இருக்கும்

எடுத்துக்காட்டு: வில்லும் அம்பும்



படம் 3.11 வில் மற்றும் அம்பு–நிகர விசை அம்பின் மீது உள்ளது.

5. நியூட்டன் இரண்டாம் விதியை பின்வரும் வடிவிலும் எழுதலாம் ஏனெனில் முடுக்கமென்பது பொருளின் இடப்பெயர்ச்சி வெக்டரின் இரண்டாம்படி வகைகெழு ஆகும். $\left(\vec{a} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}\right)$, எனவே பொருளின் மீது செயல்படும் விசை பின்வருமாறு எழுதப்படுகிறது.

$$\vec{F} = m\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$$

இச்சமன்பாட்டிலிருந்து நாம் அறிந்துகொள்வது நியூட்டன் இரண்டாம் விதியானது அடிப்படையில் ஒரு இரண்டாம்படி வகைக்கெழுச்சமன்பாடாகும். எப்பொழுதெல்லாம் இடப்பெயர்ச்சி வெக்டரின் இரண்டாம் வகைக்கெழு சுழியல்லாத மதிப்பினை பெறுகிறதோ அப்பொழுதெல்லாம் பொருளின் மீது விசை செயல்படுகிறது.

6. பொருளின் மீது எவ்விதமான விசையும் செயல்படாத நிலையில் நியூட்டனின் இரண்டாம் விதி, $m\frac{d\vec{v}}{dt} = 0$ அதாவது பொருள் மாறாதத்திசை வேகத்துடன் ($\vec{v}$ = மாறிலி) இயங்குகின்றது என்று நமக்கு உணர்த்துகிறது. இதிலிருந்து நியூட்டனின் இரண்டாம் விதி, முதல்விதியோடு இயல்பாகப் பொருந்துவதை நாம் உணரலாம். ஆனாலும் ஒரே பொருளின் மீது எந்த விசையும் செயல்படாத போது நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியானது முதல் விதியாக மாறுகிறது என்று நாம் கருதக்கூடாது. நியூட்டனின் முதல் விதி மற்றும் இரண்டாம் விதி இவ்விரண்டும் ஒன்றையொன்று சாராத விதிகளாகும். அவை இயல்பாக ஒன்றுடன் ஒன்று பொருந்துகின்றன. ஆனால் ஒன்றிலிருந்து மற்றொன்றை தருவிக்க இயலாது (cannot be derived from each other).

7. நியூட்டனின் இரண்டாம் விதி காரணம் மற்றும் விளைவு வகையைச் சார்ந்தது. விசை ஒரு காரணம் எனில் முடுக்கம் அதற்கான விளைவு ஆகும். மரபுப்படி சமன்பாட்டின் இடதுகை பக்கம், விளைவையும் வலதுகை பக்கம் காரணத்தையும் எழுத வேண்டும். எனவே நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியின் சரியான வடிவம் $m\vec{a} = \vec{F}$ அல்லது $\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$

3.3 நியூட்டன் விதிகளின் பயன்பாடு

3.3.1 தனித்த பொருளின் விசைப்படம் (Free Body Dragram)

தனித்த பொருளின் விசைப்படம் என்பது நியூட்டன் விதிகளைப் பயன்படுத்தி பொருளின் இயக்கத்தினை பகுத்தறியப் பயன்படும் ஒரு எளிய

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 115 06-01-2022 01:36:39

முறையாகும். தனித்த பொருளின் விசைப்படத்தை உருவாக்கும் போது கீழ்கண்ட நெறிமுறைகளை வரிசைப்படி பின்பற்ற வேண்டும். அவை

1. பொருளின் மீது செயல்படும் விசைகளைக் கண்டறிய வேண்டும்.
2. பொருளை ஒரு புள்ளியாகக் குறிப்பிட வேண்டும்.
3. பொருள் மீது செயல்படும் விசைகளைக் குறிப்பிடும் வெக்டர்களை வரைய வேண்டும்.

தனித்த விசைப்படம் வரையும்போது பொருட்கள் ஏற்படுத்தும் விசைகளை படத்தில் குறிப்பிட்டுக் காட்டக்கூடாது என்பதைக் கவனத்தில் கொள்ளவும்.

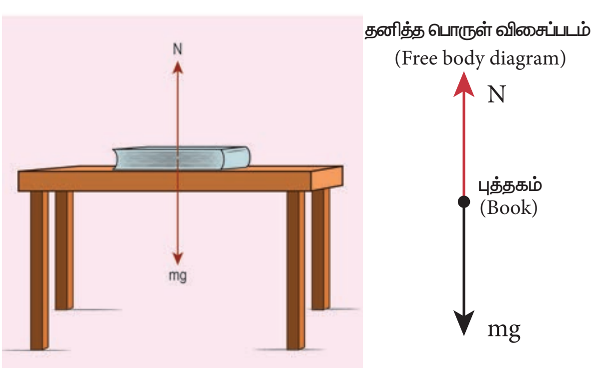
எடுத்துக்காட்டு 3.1

m நிறையுள்ள புத்தகம் ஒன்று மேசை ஒன்றின் மீது ஓய்வு நிலையில் உள்ளது.

1. புத்தகத்தின் மீது செயல்படும் விசைகள் யாவை?
2. புத்தகம் செலுத்தும் விசைகள் யாவை?
3. புத்தகத்தின் விசைப்படத்தை வரைக.

தீர்வு

1) புத்தகத்தின் மீது இரண்டு விசைகள் செயல்படுகின்றன. அவை
   i. கீழ்நோக்கிச் செயல்படும் புவிஈர்ப்பு விசை (mg).
   ii. புத்தகத்தின் மீது மேசையின் பரப்பு ஏற்படுததும் செங்குத்து விசை (N). இது மேல் நோக்கியத்திசையில் செயல்படும்.



குறிப்பு இங்கு குறிப்பிட்டுள்ள விசைப்படத்தில் செங்குத்து விசை (N) மற்றும் புவியீர்ப்பு விசை (mg) இரண்டின் எண் மதிப்புகளும் சமம். எனவே இவ்விரண்டு வெக்டர்களின் நீளமும் சம அளவில் உள்ளதை கவனிக்கவும்.

2) நியூட்டனின் மூன்றாம் விதிப்படி, புத்தகம் இரண்டு எதிர்விசைகளைத் தருகிறது.
   i. புவியீர்ப்பு விசை (mg) க்கு எதிராக புத்தகம் புவியின்மீது செலுத்தும் விசை. இது மேல்நோக்கிச் செயல்படும்
   ii. மேசையின் பரப்புமீது, செங்குத்து விசை (N) க்கு எதிராக புத்தகம் செலுத்தும் விசை. இவ்விசை கீழ்நோக்கி செயல்படும்.

குறிப்பு நியூட்டனின் மூன்றாம் விதியை இங்கு நாம் பயன்படுத்தும்போது கவனத்தில் கொள்ள வேண்டிய முக்கிய அம்சம் என்னவெனில், புவி, புத்தகத்தின் மீது செலுத்தும் கீழ்நோக்கிய புவியீர்ப்பு விசை மற்றும் இதற்குச் சமமாக புத்தகத்தின் மீது மேசை செலுத்தும் எதிர்விசை இவைகள் இரண்டும் ஒன்றை ஒன்று சமன் செய்து கொள்வதால்தான் புத்தகம் ஓய்வு நிலையில் உள்ளது என்று தவறாகப் புரிந்து கொள்ளக் கூடாது. ஏனெனில் விசை (action) மற்றும் எதிர்விசை (reaction) இரண்டும் ஒரே பொருளின் மீது எப்பொழுதும் செயல்படாது

3. புத்தகத்தின் தனித்த பொருள் விசைப்படம் மேலே உள்ள படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

எடுத்துக்காட்டு 3.2

2.5 kg மற்றும் 100 kg நிறையுடைய இரண்டு பொருள்களின் மீதும் 5 N விசை செயல்படுகிறது. ஒவ்வொரு பொருளின் முடுக்கத்தைக் காண்க.

தீர்வு

நியூட்டனின் இரண்டாம் விதிப்படி (எண்மதிப்பு அளவில்) F=ma

2.5 kg நிறையுடைய பொருள் பெறும் முடுக்கம்

$$a = \frac{F}{m} = \frac{5}{2.5} = 2\ m\ s^{-2}$$

100 kg நிறையுடைய பொருள் பெறும் முடுக்கம்

$$a = \frac{F}{m} = \frac{5}{100} = 0.05\ m\ s^{-2}$$

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 116 06-01-2022 01:36:40

குறிப்பு

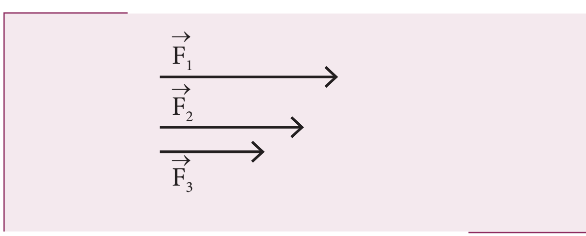
இரண்டு பொருள்களின் மீதும் ஒரே அளவுடைய விசை செயல்பட்ட போதிலும் அவைகள் பெற்ற முடுக்கம் வெவ்வேறானவை, ஏனெனில் முடுக்கம் நிறைக்கு எதிர்த்தகவில் இருக்கும். அதாவது, ஒரே அளவான விசைக்கு, கனமான பொருள் அடையும் முடுக்கம் குறைவாகவும், லேசான பொருள் அடையும் முடுக்கம் அதிகமாகவும் இருக்கும்.

ஆப்பிள், மரத்திலிருந்து கீழே விழும் போது அது புவி ஈர்ப்பு விசையை உணரும். நியூட்டனின் மூன்றாவது விதிப்படி ஆப்பிளும் இதற்குச் சமமான எதிர்விசையை புவியின் மீது செலுத்தும். இவ்விரண்டு விசைகளும் ஒன்றுக்கொன்று சமமாக இருப்பினும் அவைகள் பெறும் முடுக்கம் வெவ்வேறானவை.

புவியின் நிறை, ஆப்பிளின் நிறையுடன் ஒப்பிடும்போது மிகவும் அதிகம். எனவே, ஆப்பிள் மிக அதிக முடுக்கத்தைப் பெறுகிறது. ஆனால் புவி மிகவும் குறைவான புறக்கணிக்கதக்க முடுக்கத்தையே பெறுகிறது. எனவேதான் ஆப்பிள் கீழே விழும் போது புவி ஓய்வு நிலையில் உள்ளது போன்று தோன்றுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 3.3

படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ மூன்று விசைகளில் பெரும விசை எது?



தீர்வு

விசை ஒரு வெக்டர். ஒரு வெக்டரின் எண் மதிப்பு அதன் நீளத்தால் குறிக்கப்படுகிறது. எனவே கொடுக்கப்பட்ட வெக்டர்களில் $\vec{F}_1$ ன் நீளம் அதிகம் எனவே $\vec{F}_1$ வெக்டர் பெரும விசையாகும்.

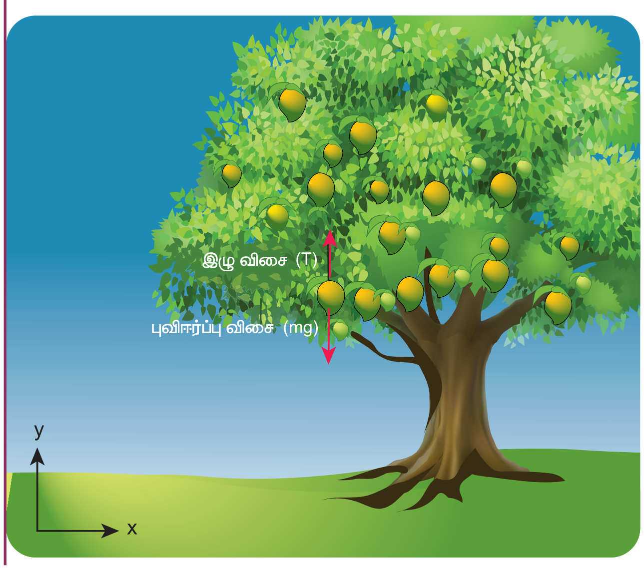
எடுத்துக்காட்டு 3.4

400 g நிறை கொண்ட மாங்காய் ஒன்று மரத்தில் தொங்கிக் கொண்டிருக்கிறது. நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியைப் பயன்படுத்தி மாங்காயைத் தாங்கியுள்ள காம்பின் இழுவிசையைக் காண்க.

தீர்வு

குறிப்பு: நியூட்டன் விதிகளைப் பயன்படுத்தும் போது பின்வரும் கருத்துக்களை கவனமுடன் பின்பற்ற வேண்டும்.

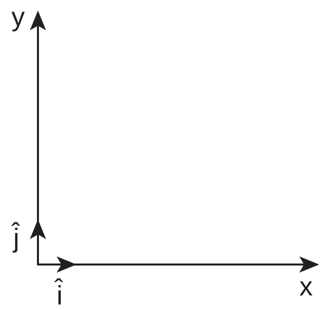
1. பொருத்தமான நிலைமக்குறிப்பாயம் ஒன்றைக் கருத வேண்டும் பொதுவாக புவியினை ஒரு நிலைமக்குறிப்பாயமாகக் கருதலாம்.
2. நியூட்டன் விதிகளைப் பயன்படுத்தத் தேவையான அமைப்பைக் கண்டறிய வேண்டும். அவ்வமைப்பானது ஒரு பொருள் அமைப்பாகவோ அல்லது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட பொருள்கள் சேர்ந்த அமைப்பாகவோ இருக்கலாம்.
3. பொருளின் மீது செயல்படும் விசைகளைக் கண்டறிந்து அவற்றைக் கொண்டு விசைப்படம் வரைய வேண்டும். பின்னர் நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியை பயன்படுத்த வேண்டும். இடப்பக்கம் பொருளின் மீது செயல்படும் விசைகளை வெக்டர் வடிவில் குறிப்பிட வேண்டும். வலப்பக்கம் பொருளின் நிறை மற்றும் அப்பொருள் முடுக்கம் இவற்றின் பெருக்கல்பலனை வெக்டர் வடிவில் குறிப்பிட வேண்டும். ஏனெனில் முடுக்கம் ஒரு வெக்டர் அளவாகும்.



UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 117 06-01-2022 01:36:41

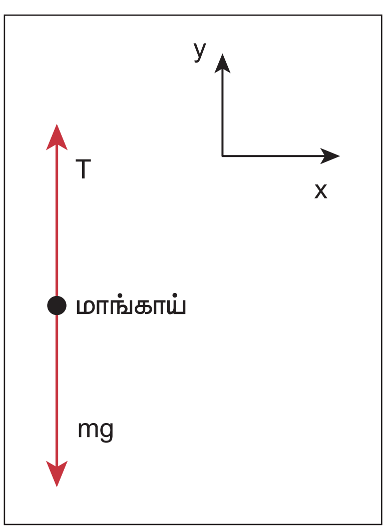
4. முடுக்கம் கொடுக்கப்பட்டிருப்பின் விசையைக் கண்டறியலாம். அதே போல் விசை கொடுக்கப்பட்டிருப்பின் பொருளின் முடுக்கத்தைக் காணலாம்.

மேலே கொடுக்கப்பட்டுள்ள கருத்துக்களின்படி படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு தரையில் ஒரு நிலைமக் குறிப்பாயத்தைக் கருத வேண்டும்.



மாங்காயின் மீது பின்வரும் இரண்டு விசைகள் செயல்படுகின்றன.

i. மாங்காயின் மீது எதிர்க்குறி y அச்சுத்திசையில் கீழ் நோக்கி செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசை, நேர்க்குறி y அச்சுத்திசையில் செயல்படும் மாங்காயைத் தாங்கியுள்ள காம்பு, மாங்காயின் மீது செலுத்தும் மேல் நோக்கிய இழுவிசை. மாங்காயின் விசைப்படம் கீழே காட்டப்பட்டுள்ளது.



$$\vec{F}_g = mg\left(-\hat{j}\right) = -mg\hat{j}$$

இங்கு mg என்பது புவியீர்ப்பு விசையின் எண்மதிப்பு மற்றும் $\left(-\hat{j}\right)$ என்பது எதிர்க்குறி y அச்சுத்திசையைக் குறிக்கும் ஓரலகுவெக்டர்.

$$\vec{T} = T\hat{j}$$

இங்கு T என்பது மாங்காயின் மீது செயல்படும் இழுவிசை மற்றும் $\left(\hat{j}\right)$ என்பது நேர்க்குறி y அச்சுத்திசையைக் குறிக்கும் ஓரலகு வெக்டர்

$$\vec{F}_{net} = \vec{F}_g + \vec{T} = -mg\hat{j} + T\hat{j} = \left(T - mg\right)\hat{j}$$

நியூட்டன் இரண்டாம் விதிப்படி, $\vec{F}_{net} = m\vec{a}$

நம்மைப்பொருத்து (நிலைமக்குறிப்பாயத்தை பொருத்து) மாங்காய் ஓய்வு நிலையில் உள்ளது. எனவே அதன் முடுக்கம் சுழி $(\vec{a} = 0)$

எனவே, $\vec{F}_{net} = m\vec{a} = 0$

$$\left(T - mg\right)\hat{j} = 0$$

மேலே உள்ள சமன்பாட்டின் இரண்டுபக்கங்களின் வெக்டர் கூறுகளை ஒப்பிடும்போது $T - mg = 0$ எனக்கிடைக்கும்.

எனவே, மாங்காய்க் காம்பின் இழுவிசை $T = mg$

மாங்காயின் நிறை m = 400g மேலும் g = 9.8 $m\,s^{-2}$

எனவே மாங்காயின் மீது செயல்படும் இழுவிசை

$T = 0.4 \times 9.8 = 3.92$ N

எடுத்துக்காட்டு 3.5

இருசக்கர வாகனங்களில் தனித்தனியே பயணம் செய்யும் இருவரில், ஒருவர் தரையைப் பொருத்து மாறா திசைவேகத்தில் பயணம் செய்கிறார். மற்றொருவர் தரையை பொருத்து $\vec{a}$ என்ற முடுக்கத்துடன் பயணம் செய்கிறார். இவ்விரண்டு பயணிகளில் எந்தப் பயணி நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியைப் பயன்படுத்தலாம்?

தீர்வு:

தரையைப் பொருத்து $\vec{a}$ என்ற முடுக்கத்துடன் பயணம் செய்யும் நபர் நியூட்டன் இரண்டாம் விதியை பயன்படுத்த முடியாது. ஏனெனில் அவர் நிலைமக்குறிப்பாயத்தில் இல்லை. நிலைமக்குறிப்பாயத்தில் உள்ள பொருள் தானாக முடுக்கமடையாது. தரையை

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 118 06-01-2022 01:36:43

பொருத்து $\vec{v}$ என்ற மாறாத்திசை வேகத்துடன் பயணம் செய்யும் நபர் நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியைப் பயன்படுத்தலாம் ஏனெனில் அவர் தரையைப் பொறுத்து நிலைமக் குறிப்பாயத்தில் பயணிக்கிறார்.

எடுத்துக்காட்டு 3.6

துகளொன்றின் நிலை வெக்டர் $\vec{r} = 3t\hat{i} + 5t^2\hat{j} + 7\hat{k}$. எந்த திசையில் இந்த துகள் நிகர விசையை உணர்கிறது?

தீர்வு

துகளின் திசைவேகம் =

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d}{dt}(3t)\hat{i} + \frac{d}{dt}(5t^2)\hat{j} + \frac{d}{dt}(7)\hat{k}$$

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = 3\hat{i} + 10t\hat{j}$$

துகளின் முடுக்கம்

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = 10\hat{j}$$

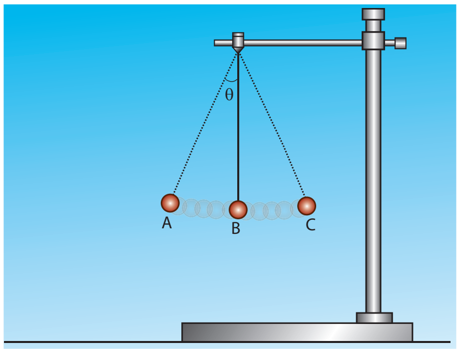
இங்கு, நேர்குறி y அச்சுத்திசையில் மட்டுமே துகள் முடுக்கமடையும். நியூட்டன் இரண்டாம் விதிப்படி நிகர விசையின் திசையும் நேர்குறி y அச்சின் திசையிலேயே அமையும். மேலும் இத்துகள் நேர்குறி x அச்சுத்திசையில் மாறாத் திசைவேகத்தைப் பெற்றுள்ளது. ஆனால் z அச்சுத்திசையில் எவ்வித திசைவேகத்தையும் பெறவில்லை. எனவே, x அல்லது z திசையில் எந்த நிகர விசையும் செயல்படவில்லை.

எடுத்துக்காட்டு 3.7

நீட்சித்தன்மையற்ற மெல்லிய கயிறு ஒன்றில் கட்டி தொங்கவிடப்பட்ட ஊசல்குண்டு ஒன்றைக் கருதுக. அதன் அலைவுகள் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

a) ஊசல் குண்டின் மீது செயல்படும் விசைகள் யாவை?

b) ஊசல்குண்டின் முடுக்கத்தினைக் காண்க.

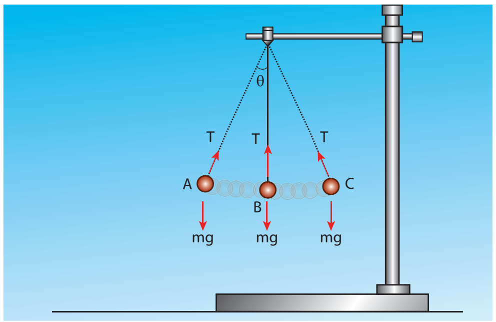


தீர்வு:

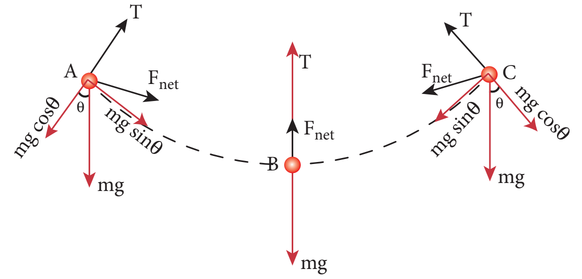
ஊசல் குண்டின் மீது பின்வரும் இரண்டு விசைகள் செயல்படுகின்றன அவை

i. கீழ் நோக்கிச் செயல்படும் புவி ஈர்ப்பு விசை (mg)

ii. குண்டின் மீது நூல் செலுத்தும் இழுவிசை (T). இந்த இழுவிசையின் திசையை ஊசல்குண்டின் நிலை (position) தீர்மானிக்கிறது. அது பின்வரும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு ஊசல்குண்டு ஒரு வட்டவில் பாதையில் இயங்குகிறது. எனவே இது ஒரு மைய நோக்கு முடுக்கத்தைப் பெறும். ஊசல் குண்டு A மற்றும் C புள்ளிகளில் கண நேர ஓய்வில் இருந்து, பின்னர் B புள்ளியை நோக்கிச் செல்லும்போது அதன் திசைவேகம் அதிகரிக்கும். எனவே, ஊசல்குண்டு வட்டவில்பாதையில் ஒரு தொடு கோட்டு முடுக்கத்தைப் பெறும். கீழே உள்ள படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு புவியீர்ப்பு விசையை $(mg\cos\theta,\ mg\sin\theta)$ என இருகூறுகளாகப் பிரிக்கலாம்.



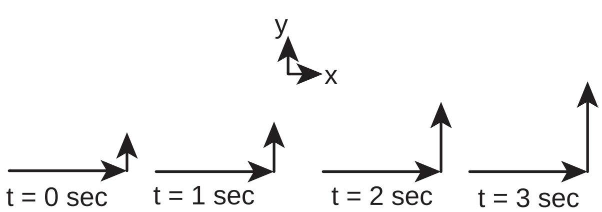
UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 119 06-01-2022 01:36:44

குறிப்பு

ஊசல்குண்டு, நிகர விசையின் திசையில் இயங்கவில்லை என்பதை இங்கு கவனிக்கவும். A மற்றும் C புள்ளிகளில் இழுவிசை T= mg $\cos\theta$, மற்ற அனைத்து புள்ளிகளிலும் இழுவிசை T ஆனது mg $\cos\theta$ வை விட அதிகம். ஏனெனில், ஊசல்குண்டு சுழியற்ற மைய நோக்கு முடுக்கத்தை பெற்றுள்ளது. புள்ளி B யில், நிகர விசை நூலின் வழியாக மேல் நோக்கிச் செயல்படுகிறது. இந்த ஊசல் குண்டின் இயக்கத்தினை சீரற்ற வட்ட இயக்கத்திற்கு உதாரணமாகக் கருதலாம். ஏனெனில் ஊசல்குண்டு மைய நோக்கு முடுக்கம் மற்றும் தொடுகோட்டு முடுக்கம் இரண்டையும் பெற்றுள்ளது.

எடுத்துக்காட்டு 3.8.

தளம் ஒன்றில் இயங்கும் துகளின் திசைவேகம் பின்வரும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது. துகள் மீது செயல்படும் விசையின் திசையைக் காண்க.



தீர்வு:

துகளின் திசைவேகம் $\vec{v} = v_x\hat{i} + v_y\hat{j} + v_z\hat{k}$. படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது போன்று துகள் x y தளத்தில் இயங்குகிறது. z அச்சில் எவ்வித இயக்கமும் இல்லை. எனவே $v_Z = 0$.

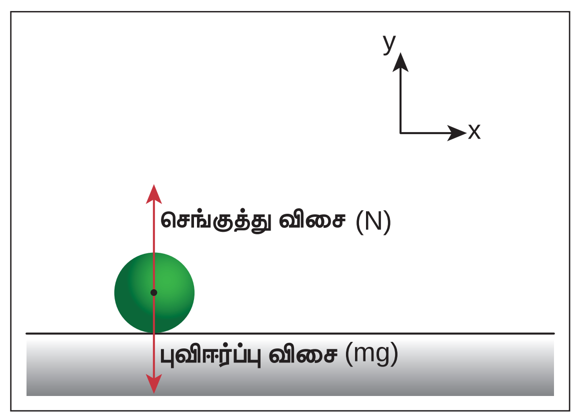
திசைவேகத்தின் x கூறு v_x மற்றும் y கூறு v_y என்க. t = 0 வினாடியிலிருந்து t = 3 வினாடிவரை உள்ள நேர இடைவெளியில் y அச்சுத்திசையில் வெக்டரின் நீளம் அதிகரிப்பதைக் காணலாம். எனவே y அச்சுத்திசையில் திசைவேகத்தின் கூறு (v_y) நேரத்தைப் பொருத்து அதிகரிக்கிறது. நியூட்டனின் இரண்டாம் விதிப்படி y அச்சுத்திசையில் துகள் ஒரு முடுக்கத்தினைப் பெறும். எனவே y அச்சுத்திசையில் துகளின் மீது ஒரு விசை செயல்படும். x அச்சுத்திசையில் வெக்டரின் நீளம் மாறாமதிப்பினைப் பெற்றுள்ளது. இதன்மூலம் துகள் x அச்சில் மாறாத் திசைவேகத்துடன் இயங்குவதைக் காட்டுகிறது. எனவே x அச்சில் நிகர விசை சுழியாகும்.

எடுத்துக்காட்டு 3.9

புவிப்பரப்பில் ஓய்வு நிலையிலுள்ள பொருள் ஒன்றுக்கு நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியினைப் பயன்படுத்தி அதன் மூலம் பெறப்படும் முடிவுகளைஆராய்க.

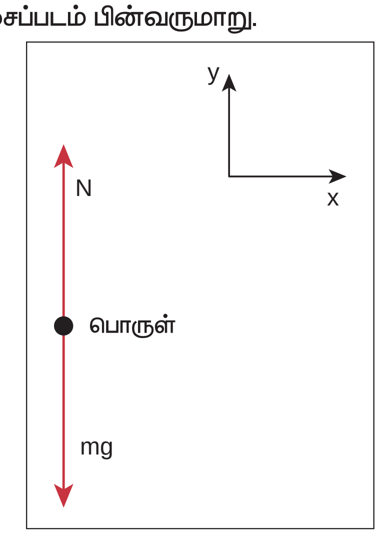
தீர்வு:

நிலைமக்குறிப்பாயமாகக் கருதப்படும் புவியைப் பொருத்து பொருளொன்று ஓய்வு நிலையில் உள்ளது என்க. அப்பொருளின் மீது பின்வரும் இரண்டு விசைகள் செயல்படுகின்றன அவை,



(i) எதிர்க்குறி y அச்சுதிசையில் செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசை (mg)

(ii) நேர்க்குறி y அச்சுதிசையில் செயல்படும் புவிப்பரப்பு பொருளின் மீது செலுத்தும் மேல் நோக்கிய செங்குத்துவிசை (N). பொருளின் விசைப்படம் பின்வருமாறு.



UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 120 06-01-2022 01:36:44

$$\vec{F}_g = -mg\hat{j}$$

$$\vec{N} = N\hat{j}$$

தொகுபயன் விசை $\vec{F}_{net} = -mg\hat{j} + N\hat{j}$ ஆனால், பொருள் எவ்வித முடுக்கத்தையும் பெறவில்லை எனவே $\vec{a} = 0$.

நியூட்டன் இரண்டாம் விதிப்படி

$(\vec{F}_{net} = m\vec{a})$

இருபுறமும் சமன்பாட்டின் கூறுகளை ஒப்பிடும்போது

$$(-mg + N)\hat{j} = 0$$

$$-mg + N = 0$$

$$N = mg$$

மேற்கண்ட சமன்பாட்டிலிருந்து நாம் அறிவது என்னவெனில், பொருள் ஓய்வு நிலையில் உள்ளபோது செங்குத்து விசையின் எண்மதிப்பும் புவியீர்ப்பு விசையின் எண்மதிப்பும் ஒன்றுக்கொன்று சமமாகும்.

எடுத்துக்காட்டு 3.10

2 kg நிறையுடைய பொருளின்மீது பின்வரும் இரண்டு விசைகள் செயல்படுகின்றன. $\vec{F}_1 = 5\hat{i} + 8\hat{j} + 7\hat{k}$ மற்றும் $\vec{F}_2 = 3\hat{i} - 4\hat{j} + 3\hat{k}$. பொருளின் முடுக்கத்தைக் காண்க.

தீர்வு:

நியூட்டனின் இரண்டாவது விதிப்படி, $\vec{F}_{net} = m\vec{a}$ இங்கு $\vec{F}_{net} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$.

மேற்கண்ட சமன்பாடுகளின்படி $\vec{a} = \dfrac{\vec{F}_{net}}{m}$

$$\vec{F}_{net} = (5+3)\hat{i} + (8-4)\hat{j} + (7+3)\hat{k}$$

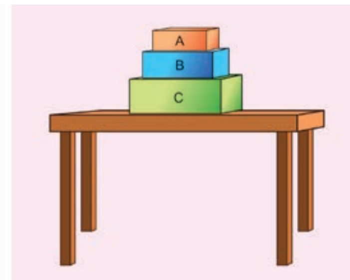
$$\vec{F}_{net} = 8\hat{i} + 4\hat{j} + 10\hat{k}$$

$$\vec{a} = \left(\frac{8}{2}\right)\hat{i} + \left(\frac{4}{2}\right)\hat{j} + \left(\frac{10}{2}\right)\hat{k}$$

$$\vec{a} = 4\hat{i} + 2\hat{j} + 5\hat{k}$$

எடுத்துக்காட்டு 3.11

படத்தில் காட்டியுள்ள A, B மற்றும் C என்ற கனச் செவ்வகத்துண்டுகளின் மீது செயல்படும் விசைகளை காண்க.



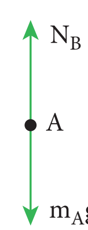
கனச்செவ்வகத்துண்டு A யின் மீது செயல்படும் விசைகள்:

(i) புவி ஏற்படுத்தும் கீழ்நோக்கிய ஈர்ப்பு விசை $(m_A g)$

(ii) பொருள் B ஏற்படுத்தும் மேல் நோக்கிய செங்குத்து எதிர்விசை (N_B)

A யின் "தனித்த பொருளின் விசைப் படம் கீழே காட்டப்பட்டுள்ளது.

A ன் மீது செயல்படும் விசை



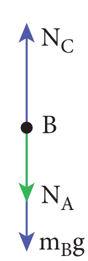
பொருள் B மீதான விசைகள்:

(i) கீழ்நோக்கிச் செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசை $(m_B g)$

(ii) கனச்செவ்வகத் துண்டு A ஏற்படுத்தும் கீழ்நோக்கிய விசை. (N_A)

(iii) கனச்செவ்வகத் துண்டு C ஏற்படுத்தும் மேல்நோக்கிய விசை (N_C)

B ன் மீது செயல்படும் விசை



UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 121 06-01-2022 01:36:47

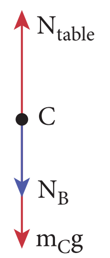
கனச்செவ்வகத் துண்டு C இன் மீது செயல்படும் விசை:

(i) கீழ்நோக்கிச் செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசை ($m_c g$)

(ii) கனச்செவ்வகத் துண்டு B ஏற்படுத்தும் கீழ்நோக்கிய விசை (N_B)

(iii) மேசை ஏற்படுத்தும் மேல்நோக்கிய செங்குத்து விசை (N_{table})

C ன் மீது செயல்படும் விசை



எடுத்துக்காட்டு 3.12

வண்டியில் கட்டப்பட்ட குதிரை ஒன்றைக் கருதுக. தொடக்கத்தில் அக்குதிரை ஓய்வு நிலையில் உள்ளது. குதிரை முன் நோக்கி நடக்கத் தொடங்கும்போது, வண்டி முன்நோக்கி ஒரு முடுக்கத்தைப்பெறும். F_h என்ற விசையுடன் குதிரை, வண்டியை முன்நோக்கி இழுக்கும். அதேநேரத்தில் நியூட்டனின் மூன்றாம் விதிப்படி வண்டியும், அதற்கு சமமான எதிர்திசையில் செயல்படும் $(F_c = F_h)$ என்ற விசையுடன் குதிரையைப் பின்னோக்கி இழுக்கும். எனவே குதிரை மற்றும் வண்டி என்ற தொகுப்பின் விசை சுழியாக இருப்பினும் ஏன் குதிரை மற்றும் வண்டி முடுக்கமடைந்து முன்நோக்கி செல்கின்றன?

தீர்வு:

இம்முரண் கூற்றுக்குக் காரணம் நியூட்டனின் இரண்டாம் மற்றும் மூன்றாம் விதிகளை தவறாக பயன்படுத்துவதுதான். நியூட்டனின் விதிகளை பயன்படுத்துவதற்கு முன் அமைப்பினை (system) தீர்மானிக்க வேண்டும்.

இவ்வாறு அமைப்பினைக் கண்டறிந்த பின்னர் அவ்வமைப்பின் மீது செயல்படும் அனைத்து விசைகளையும் எளிதாகக் கண்டறியலாம். இங்கு அமைப்பு ஏற்படுத்தும் விசைகளைக் கருதக் கூடாது என்பதை நினைவில் கொள்ளவும். அமைப்பின் மீது ஏதேனும் சமன் செய்யப்படாத விசைகள் செயல்பட்டால், அமைப்பு தொகுபயன் விசையின் திசையில்முடுக்கமடையும்.பின்வரும்கருத்துக்களை வரிசைப்படி பின்பற்றி குதிரை மற்றும் வண்டியின் இயக்கத்தைப் பகுப்பாய்வு செய்யலாம்.

குதிரை மற்றும் வண்டி இவை இரண்டையும் ஒன்றாக ஒரு அமைப்பு (system) என்று கருதினால் குதிரை, வண்டியின் மீது செலுத்தும் விசையையும், வண்டி குதிரையின் மீது செலுத்தும் எதிர்விசையையும் கருதக் கூடாது. மாறாக இந்த இரு விசைகளையும் அகவிசைகளாகக் கருத வேண்டும். மேலும் நியூட்டனின் மூன்றாம் விதிப்படி அகவிசைகளின் தொகுப்பயன் சுழி. அவை அமைப்பினை முடுக்கமடையச்செய்யாது. அமைப்பின் மீது ஏற்படும் முடுக்கம் புறவிசையால் மட்டுமே ஏற்படும். நாம் கருதும் இந்நிகழ்வில், சாலையானது அமைப்பின் மீது செலுத்தும் விசை புறவிசையாகும்.

அமைப்பின் மீது செயல்படும் அனைத்து விசைகளையும் கருதாமல் குதிரை மற்றும் வண்டியின் தொகுபயன் விசை சுழி என்று கருதுவது தவறாகும். சாலையானது, வண்டி – குதிரை அமைப்பை முன்னோக்கித் தள்ளுகிறது. வெளிப்புற விசை ஒன்று அமைப்பின் மீது செயல்படும் போது நியூட்டனின் மூன்றாம் விதியைப் பயன்படுத்தாமல் இரண்டாம் விதியைப் பயன்படுத்த வேண்டும். பின்வரும் படம் இதனை விளக்குகிறது.

குதிரையை அமைப்பு என்று கருதினால், அதன்மீது பின்வரும் மூன்று விசைகள் செயல்படுகின்றன.

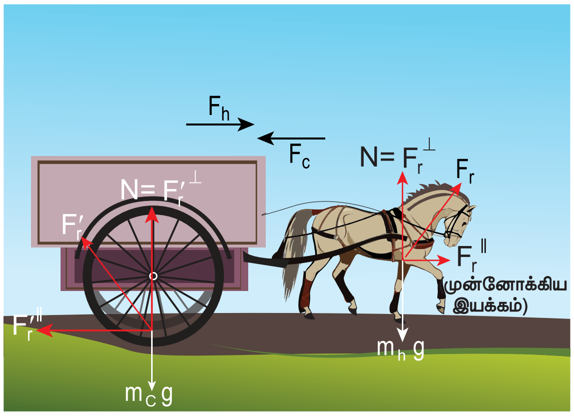
(i) கீழ்நோக்கிச் செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசை ($m_n g$)

(ii) சாலை, குதிரையின் மீது செலுத்தும் விசை (F_r)

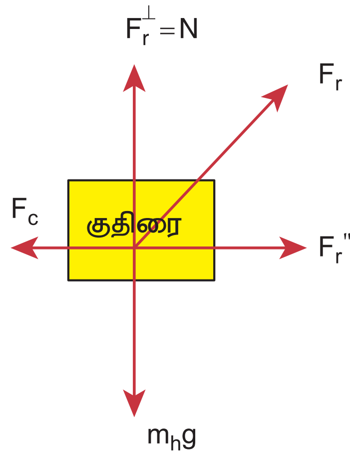
(iii) வண்டி, குதிரையின் மீது செலுத்தும் பின்னோக்கிய விசை (F_c)

இவை பின்வரும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளது.

குதிரையின் மீது செயல்படும் விசைகள்



UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 122 06-01-2022 01:36:48



F_r – சாலை குதிரையின் மீது செலுத்தும் விசை

F_c – வண்டி குதிரையின் மீது செலுத்தும் விசை

$F_r^{\perp}$ – விசை F_r இன் செங்குத்துக் கூறு = N

$F_r^{||}$ – விசை F_r இன் கிடைத்தளக் கூறு. (இதுவே முன்னோக்கிய இயக்கத்திற்குக் காரணம்)

சாலை, குதிரையின் மீது செலுத்தும் விசையை, கிடைத்தளக்கூறு மற்றும் செங்குத்துக் கூறு என இரண்டாகப்பிரிக்கலாம். செங்குத்துக்கூறு கீழ்நோக்கிச் செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசையை சமன் செய்கிறது. முன்னோக்கிய திசையில் செயல்படும் கிடைத்தளக் கூறு பின்னோக்கிய விசை (F_c) ஐ விட அதிகம். எனவே முன்னோக்கியத் திசையில் ஒரு தொகுபயன் விசை செயல்பட்டு குதிரையை முன்னோக்கி இயக்குகிறது.

வண்டியை அமைப்பாகக் கருதினால், அதன்மீது பின்வரும் மூன்று விசைகள் செயல்படுகின்றன.

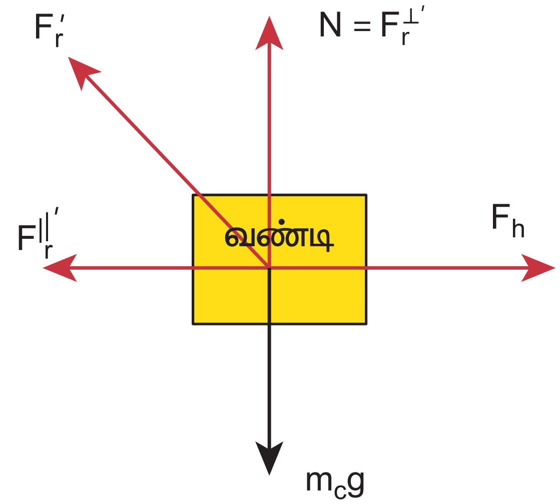
(i) கீழ்நோக்கிச் செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசை ($m_c g$)

(ii) சாலை, வண்டியின் மீது செலுத்தும் விசை (F_r')

(iii) குதிரை, வண்டியின் மீது செலுத்தும் விசை (F_h)

இது பின்வரும் படத்தில் குறிப்பிட்டு காட்டப்பட்டுள்ளது.

சாலை வண்டியின் மீது செலுத்தும் விசையை ($\vec{F_r'}$) இரண்டு கூறுகளாகப் பிரிக்கலாம். செங்குத்துக் கூறு, கீழ்நோக்கியீர்ப்பு விசையை ($m_c g$) சமன் செய்யும். கிடைத்தளக்கூறு பின்னோக்கிச் செயல்படும். மேலும் குதிரை, வண்டியின் மீது செலுத்தும் விசை ($\vec{F_h}$) முன்னோக்கிச் செயல்படும்.



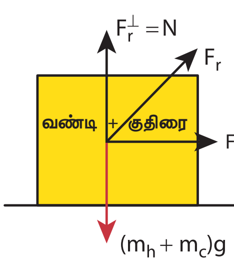
இது பின்னோக்கிச் செயல்படும் கிடைத்தளக் கூறைவிட அதிகம். எனவே, முன்நோக்கியத் திசையில் ஒரு தொகுபயன் விசை கிடைக்கும். இதன் காரணமாக வண்டி முன்னோக்கி முடுக்கமடையும்.

குதிரை மற்றும் வண்டி இரண்டையும் ஒரு அமைப்பாகக் கருதினால், இவ்வமைப்பின் மீது இரண்டு விசைகள் செயல்படும். அவை பின்வருமாறு

(i) கீழ்நோக்கிச் செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசை $(m_h + m_c)g$

(ii) சாலை, அமைப்பின் மீது செலுத்தும் விசை (F_r)

இவை, பின்வரும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன.



(iii) இந்நிகழ்வில், சாலை, அமைப்பின் மீது ஏற்படுத்தும் விசையை (F_r) இரு கூறுகளாகப்பிரிக்கலாம்.

(iv) சாலை, அமைப்பின் மீது செலுத்தும் விசையின் சமன் செய்யப்படாத கிடைத்தளக்கூறு, குதிரை மற்றும் வண்டி அமைப்பு முன்னோக்கிச் செல்வதற்கு காரணமாக அமைகிறது.

செங்குத்துக்கூறு புவியீர்ப்பு விசை $(m_h+m_c)g$ யை சமன் செய்யும்.

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 123 06-01-2022 01:36:50

எடுத்துக்காட்டு 3.13

$y = ut - \frac{1}{2}gt^2$ என்ற சமன்பாடு துகள் ஒன்றின் நிலையைக் குறிக்கிறது.

(a) அத்துகளின் மீது செயல்படும் விசை மற்றும்

(b) அத்துகளின் உந்தத்தைக் காண்க.

தீர்வு

துகளின் மீது செயல்படும் விசையைக் காண அத்துகள் அடையும் முடுக்கத்தைக் கணக்கிட வேண்டும்.

எனவே முடுக்கம் $a = \frac{d^2y}{dt^2}$ (அல்லது) $a = \frac{dv}{dt}$

இங்கு

v என்பது y– அச்சில் துகளின் திசைவேகம்

$$v = \frac{dy}{dt} = u - gt$$

துகளின் உந்தம் = mv =m(u-gt)

$$a = \frac{dv}{dt} = -g$$

$$F = ma = -mg$$

விசை, எதிர்குறி y அச்சுத்திசையில் செயல்படுவதை எதிர்குறி காட்டுகிறது. மேலும் இதே விசைதான் எறிபொருள் ஒன்றின் மீது செயல்படும் விசையாகும்.

3.3.2 சாய்தளத்தில் இயங்கும் பொருளின் இயக்கம்

m நிறையுடைய பொருள் ஒன்று, சாய் கோணம் θ கொண்ட உராய்வற்ற சாய்தளம் ஒன்றில் படம் 3.12 இல் காட்டியுள்ளவாறு சறுக்கிச் செல்கிறது என்க. அப்பொருளின் மீது செயல்படும் விசைகள் பின்வருவனவற்றைத் தீர்மானிக்கின்றன.

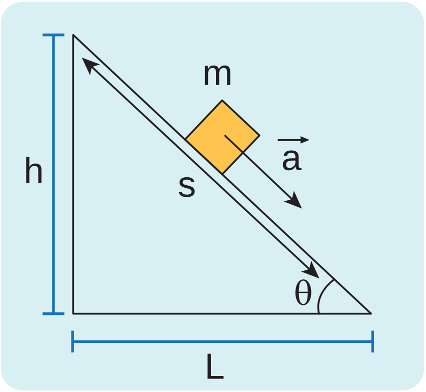
(a) பொருளின் முடுக்கம்

(b) பொருள் தரையை அடையும்போது அதன் வேகம்

பொருளின் மீது செயல்படும் விசைகள்

(i) கீழ்நோக்கிச் செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசை (mg)

(ii) சாய்தளத்திற்குச் செங்குத்தாகப் பொருளின்மீது செயல்படும் செங்குத்து விசை (N)



படம் 3.12 சாய்தளத்தில் இயங்கும் பொருள்

பொருளின் தனிப் பொருள் விசைப்படம் வரைய, அப்பொருளை ஒரு புள்ளிநிறையாகக் கருத வேண்டும்.

(படம் 3.13 (a)) இல் காட்டியுள்ளபடி இயக்கம் சாய்தளத்தில் நடைபெறுவதால் படம் 3.13 (b) இல் காட்டியவாறு சாய்தளத்திற்கு இணையாக உள்ள ஒரு ஆய அச்சு அமைப்பினை தேர்வு செய்ய வேண்டும்.

புவியீர்ப்பு விசை mg ஐ இரண்டு கூறுகளாகப் பிரிக்க வேண்டும்

$mg\sin\theta$ கூறு சாய்தளத்திற்கு இணையாகவும், $mg\cos\theta$ கூறு சாய்தளத்திற்கு செங்குத்தாகவும் உள்நோக்கி செயல்படுகின்றன. (படம் 3.13 (b)).

புவியீர்ப்பு விசை (mg) சாய்தளத்தின் கீழ்நோக்கிய செங்குத்துடன் ஏற்படுத்தும் கோணம், படம் 3.13 (c)) இல் காட்டப்பட்டுள்ள சாய் கோணம் (θ)விற்குச் சமம்.

y அச்சுத்திசையில் எவ்விதமான இயக்கமும் முடுக்கமும் இல்லை

y அச்சுத்திசையில் நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியைப் பயன்படுத்தினால்

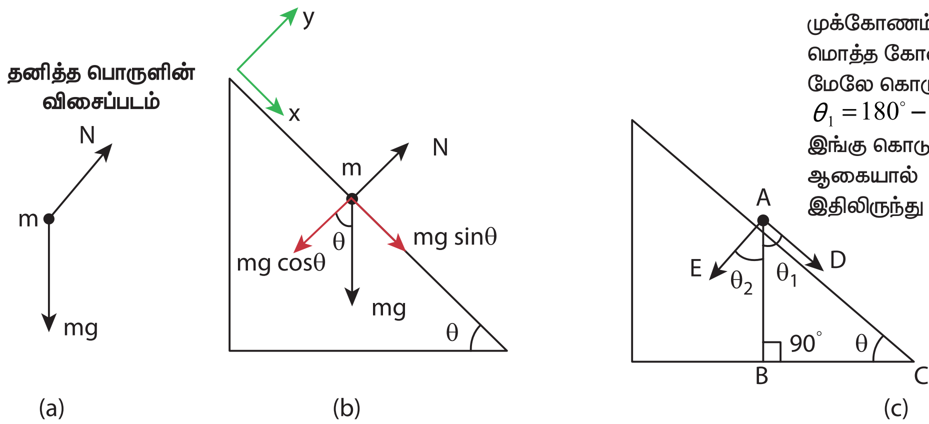
$-mg\cos\theta\hat{j} + N\hat{j} = 0$ (முடுக்கம் இல்லை)

சமன்பாட்டின் இருபுறமும் உள்ள கூறுகளை ஒப்பிடும் போது $N - mg\cos\theta = 0$

$$N = mg\cos\theta$$

சாய்தளப்பரப்பு ஏற்படுத்தும் செங்குத்து விசையின் (N) எண்மதிப்பு $mg\cos\theta$ விற்குச் சமம்.

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 124 06-01-2022 01:36:52



முக்கோணம் ABC ல்

மொத்த கோணம் = $90^{\circ} + \theta + \theta_1 = 180^{\circ}$

மேலே கொடுக்கப்பட்ட சமன்பாட்டிலிருந்து

$\theta_1 = 180^{\circ} - 90^{\circ} - \theta = 90^{\circ} - \theta$

இங்கு கொடுக்கப்பட்ட படத்திலிருந்து $\theta_2 + \theta_1 = 90^{\circ}$

ஆகையால் $\theta_2 = 90^{\circ} - \theta_1 = 90^{\circ} - (90^{\circ} - \theta)$

இதிலிருந்து $\theta_2 = \theta$

படம் 3.13 (a) தனிப்பொருள் விசைப்படம் (b) mgன் கிடைத்தள மற்றும் செங்குத்துக் கூறுகள் (c) கோணம் θ_2 θ க்குச் சமம்.

பொருள் x அச்சுத்திசையில் a முடுக்கத்துடன் சறுக்கிச் செல்கிறது. எனவே x அச்சுத்திசையில் நியுட்டன்இரண்டாம் விதியை பயன்படுத்தினால்

$$mg\sin\theta\hat{i} = ma\hat{i}$$

இருபுறமும் கூறுகளை ஒப்பிடும்போது

$$mg\sin\theta = ma$$

சறுக்கும் பொருளின் முடுக்கம்

$$a = g\ sin\theta$$

இங்கு பொருளின் முடுக்கம், சாய்கோணம் θ வைச் சார்ந்தது என்பதை கவனிக்க வேண்டும். சாய்கோணம் θ = 90° எனில் பொருள் (a = g) என்ற முடுக்கத்துடன் செங்குத்தாக கீழ்நோக்கி வரும்.

பொருள் தரையை அடையும்போது அதன் வேகத்தை நியூட்டனின் இயக்கச் சமன்பாடுகள் கொண்டு அறியலாம். இயக்கம் முழுமைக்கும் முடுக்கம் ஒரு மாறிலி ஆகும்.

$$v^2 = u^2 + 2as \text{ (x அச்சுத் திசையில்)} \qquad (3.3)$$

முடுக்கம் $a = g\sin\theta$ க்குச் சமம். பொருள் ஓய்வு நிலையிலிருந்து நகரத்துவங்கும்போது ஆரம்பத் திசைவேகம் u சுழியாகும். மேலும் சாய்தளத்தின் நீளம் இங்கு s ஆகும்.

சமன்பாடு (3.3) லிருந்து தரையை அடையும் போது பொருளின் வேகம் (v)

$$v = \sqrt{2sg\ sin\theta} \qquad (3.4)$$

குறிப்பு

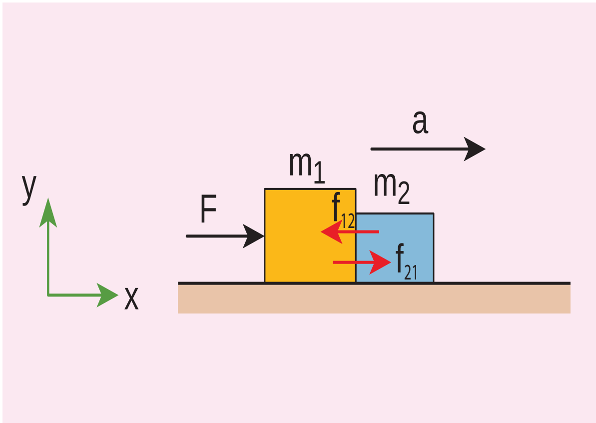
இங்கு நாம் சாய்தளத்திற்கு இணையாக ஆய அச்சுத் தொகுப்பினை தேர்வு செய்தோம். மாறாக சமதளப்பரப்பிற்கு இணையாக ஆயக் கூறுகளை தேர்வு செய்தாலும் இதே முடிவுகள்தான் கிடைக்கும். இருப்பினும் கணிதமுறை சற்றே கடினமாக இருக்கும். எனவே கொடுக்கப்பட்ட வினாவிற்கு ஏற்ப ஆயக்கூறுகளை தேர்வு செய்வது சாலச்சிறந்ததாகும்.

3.3.3 சமதளப்பரப்பில் ஒன்றை ஒன்று தொட்டுக் கொண்டிருக்கும் இரண்டு பொருட்கள்:

m_1 மற்றும் m_2 நிறை கொண்ட இரண்டு கனச் செவ்வகத்துண்டுகளைக் கருதுக $(m_1 > m_2)$ அவை இரண்டும் உராய்வற்ற, வழுவழுப்பான சமதளப்பரப்பில் ஒன்றை ஒன்று தொட்டுக்கொண்டு உள்ளன. (படம் 3.14 (a))

F என்ற கிடைத்தள விசையைச் செலுத்தும்போது இவ்விரண்டு துண்டுகளும் a என்ற முடுக்கத்துடன் விசையின் திசையிலேயே இயங்குகின்றன.

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 125 06-01-2022 01:36:53



படம் 3.14 (a) m_1 மற்றும் m_2 நிறை கொண்ட ($m_1 > m_2$) கனச்செவ்வகத் துண்டுகள் உராய்வற்ற வழுவழுப்பான சமதளப்பரப்பில் ஒன்றை ஒன்று தொட்டுக் கொண்டுள்ளன.

முடுக்கம் $\vec{a}$ ஐ கண்டறிய நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.

(கூட்டு நிறை $m = m_1 + m_2$)

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

இரு நிறைகள் கொண்ட இவ்வமைப்பு நேர்க்குறி x அச்சு திசையில் இயங்கினால் சமன்பாட்டினை வெக்டர் கூறு வடிவில் எழுதலாம். $\vec{F} = m\vec{a}$ என்ற சமன்பாட்டின் இரண்டு பக்கங்களிலும் வெக்டர் கூறுகளை ஒப்பிட $F = ma$ என கிடைக்கும்

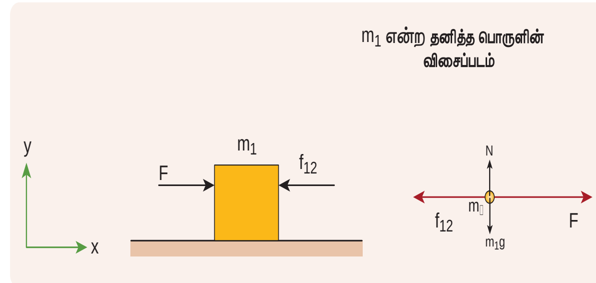
இங்கு $m = m_1 + m_2$ ஆகும்.

$$\text{அமைப்பின் முடுக்கம் } \therefore a = \frac{F}{m_1 + m_2} \quad (3.5)$$

நிறை m_1 தனது இயக்கத்தின் காரணமாக, நிறை m_2 வின் மீது செலுத்தும் விசை தொடு விசை (contact force) ($\vec{f}_{21}$) எனப்படும். நியூட்டனின் மூன்றாம் விதிப்படி, நிறை m_2 நிறை m_1 மீது இதற்குச் சமமான எதிர்திசையில் அமைந்த ஒரு எதிர்விசையை ($\vec{f}_{12}$) செலுத்தும்.

m_1 நிறைக்கான விசைப்படம் படம் 3.14 (b) ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

$$\therefore F\hat{i} - f_{12}\hat{i} = m_1 a\hat{i}$$



படம் 3.14 (b) m_1 நிறையின் விசைப்படம்

சமன்பாட்டின் இருபுறமும் கூறுகளை ஒப்பிடும்போது

$$F - f_{12} = m_1 a$$

$$f_{12} = F - m_1 a \quad (3.6)$$

சமன்பாடு (3.5) ஐ (3.6)ல் பிரதியிட

$$f_{12} = F - m_1\left(\frac{F}{m_1 + m_2}\right)$$

$$f_{12} = F\left[1 - \frac{m_1}{m_1 + m_2}\right]$$

$$f_{12} = \frac{Fm_2}{m_1 + m_2} \quad (3.7)$$

சமன்பாடு (3.7) லிருந்து f_{12} வின் எண்மதிப்பு எதிர்விசையை ஏற்படுத்தும் நிறை m_2 வை சார்ந்திருப்பதை அறியலாம். இங்கு விசை எதிர்குறி x – அச்சுத்திசையில் செயல்படுவதை நினைவில் கொள்ளவும். m_1 மீது செயல்படும் எதிர்விசை வெக்டர் குறியீட்டின்படி $\vec{f}_{12} = -\frac{Fm_2}{m_1 + m_2}\hat{i}$

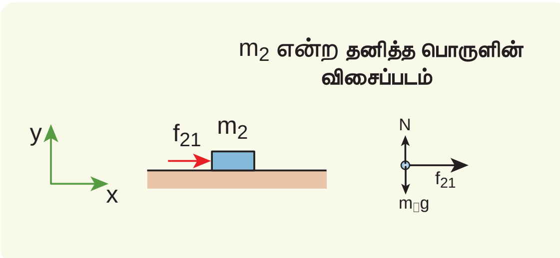
நிறை m_2 வைப் பொருத்தவரை x அச்சுத்திசையில் அதன்மீது m_1 நிறை ஏற்படுத்தும் ஒரே ஒரு விசை மட்டுமே கிடைத்தளத்திசையில் செயல்படுகிறது. 3.14 (c) ல் நிறை m_2 வின் விசைப்படம் காட்டப்பட்டுள்ளது.

நிறை m_2 விற்கு நியூட்டன் இரண்டாம் விதியைப் பயன்படுத்தினால் $f_{21}\hat{i} = m_2 a\hat{i}$

சமன்பாட்டின் இருபுறமும் கூறுகளை ஒப்பிடும்போது

$$f_{21} = m_2 a \quad (3.8)$$

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 126 06-01-2022 01:36:56



படம் 3.14 (c) நிறைm_2 வின் தனித்த பொருளின் விசைப்படம் (F B D)

சமன்பாடு (3.5) லிருந்து முடுக்கத்தினை (3.8) ல் பிரதியிடும்போது $f_{21} = \dfrac{Fm_2}{m_1 + m_2}$

எனவே, தொடுவிசையின் எண் மதிப்பு

$$f_{21} = \frac{Fm_2}{m_1 + m_2}$$

இது நேர்க்குறி x அச்சுத்திசையில் செயல்படும் வெக்டர் குறியீட்டின்படி நிறை m_1, நிறை m_2 மீது செலுத்தும் விசை $\vec{f}_{21} = \dfrac{Fm_2}{m_1 + m_2}\hat{i}$

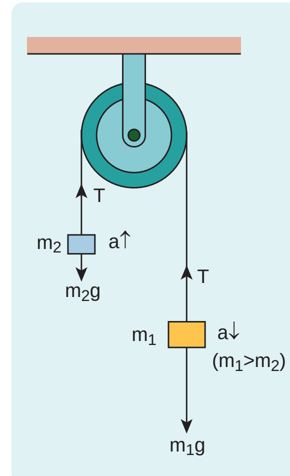
இங்கு $\vec{f}_{12} = -\vec{f}_{21}$ என்பதைக் கவனிக்க. இது நியூட்டனின் மூன்றாம் விதியை உறுதிப்படுத்துகிறது.

3.3.4 ஒன்றுடன் ஒன்று பிணைக்கப்பட்ட பொருட்களின் இயக்கம்

நீட்சித் தன்மையற்ற மெல்லிய கயிறு ஒன்றில் பிணைக்கப்பட்ட பொருட்களின் மீது, செங்குத்து அல்லது கிடைத்தளமாக அல்லது சாய்தளத்தில் விசை F ஒன்றை செலுத்தும் போது, அது மெல்லிய கயிற்றில் ஒரு இழு விசையை ஏற்படுத்தும், இதன் விளைவாக முடுக்கத்தில் ஒரு குறிப்பிடத்தக்க மாற்றம் ஏற்படும். இந்நிகழ்வினை வெவ்வேறு கோணங்களில் பகுப்பாய்வு செய்யலாம்.

நேர்வு 1: செங்குத்து இயக்கம்

m_1, மற்றும் m_2 நிறை கொண்ட இரண்டு கனச்செவ்வகத் துண்டுகள் $(m_1 > m_2)$ ஒரு மெல்லிய நீட்சித்தன்மையற்ற கயிறு ஒன்றில் பிணைக்கப்பட்டுள்ளன. இது கப்பி ஒன்றின் வழியே படம் 3.15ல் காட்டியுள்ளவாறு பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

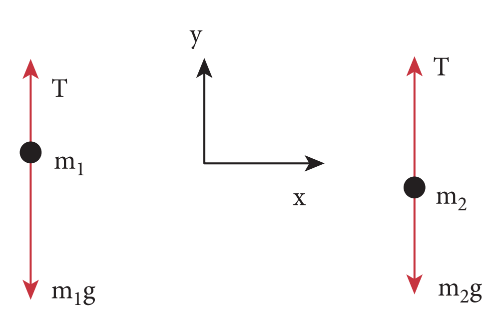


படம் 3.15 கப்பி ஒன்றில் பிணைக்கப்பட்டுள்ள இரண்டு கனச்செவ்வகத் துண்டுகள்

கயிற்றின் இழுவிசை T மற்றும் முடுக்கம் a என்க. அமைப்பினை விடுவிக்கும்போது, இரண்டு நிறைகளும் இயங்கத்துவங்கும். m_2 செங்குத்தாக மேல்நோக்கியும் மற்றும் m_1 செங்குத்தாக கீழ்நோக்கியும் a என்ற சம முடுக்கத்துடன் இயங்கும். m_1 மீது செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசை m_1 g, m_2 நிறையை மேல்நோக்கி உயர்த்த பயன்படுகிறது.

மேல்நோக்கிய திசையை y அச்சு எனக்கருதுக படம் 3.16 ல் இரு நிறைகளுக்கான விசைப்படம் காட்டப்பட்டுள்ளது.

தனித்த பொருளின் விசைப்படம்



படம் 3.16 m_1 மற்றும் m_2 நிறைகளின் தனித்த பொருளின் விசை படம் (free body diagram)

நிறை m_2 விற்கு நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியைப் பயன்படுத்துக

$$T\hat{j} - m_2 g\hat{j} = m_2 a\hat{j}$$

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 127 06-01-2022 01:36:58

மேற்கண்ட சமன்பாட்டின் இடது கை பக்கம் நிறை மீது செயல்படும் மொத்த விசையும், வலது கை பக்கம் நிறை மற்றும் y அச்சுத்திசையில் அது அடையும் முடுக்கம் இவற்றின் பெருக்கற்பலனும் காட்டப்பட்டுள்ளன.

இருபுறக் கூறுகளையும் ஒப்பிட கீழ்கண்ட சமன்பாடு கிடைக்கும்,

$$T - m_2 g = m_2 a \qquad (3.9)$$

இதே போன்று m_1 நிறைக்கும் நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியைப் பயன்படுத்தும்போது பின்வரும் சமன்பாடு கிடைக்கிறது.

$$T\hat{j} - m_1 g\hat{j} = -m_1 a\hat{j}$$

நிறை m_1 கீழ்நோக்கி இயங்குவதால் $(-\hat{j})$ அதன் முடுக்கமும் கீழ்நோக்கிச் $(-\hat{j})$ செயல்படும்.

இருபுறமும் கூறுகளையும் ஒப்பிட

$$T - m_1 g = -m_1 a$$

$$m_1 g - T = m_1 a \qquad (3.10)$$

சமன்பாடு (3.9) மற்றும் (3.10), யைக் கூட்டுக.

$$m_1 g - m_2 g = m_1 a + m_2 a$$

$$(m_1 - m_2) g = (m_1 + m_2) a \qquad (3.11)$$

சமன்பாடு (3.11), லிருந்து, இரண்டு நிறைகளின் மீதான முடுக்கம்

$$a = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right) g \qquad (3.12)$$

இரண்டு நிறைகளும் சமமாக இருந்தால் $(m_1 = m_2)$ அமைப்பு சுழி முடுக்கத்தைப் பெற்று ஓய்வு நிலையில் இருக்கும் என்பதை இது காட்டுகிறது.

கயிற்றின் மீது செயல்படும் இழுவிசையைக் காண சமன்பாடு (3.12) இல் உள்ள முடுக்கத்தை, சமன்பாடு (3.9) இல் பிரதியிட வேண்டும்.

$$T - m_2 g = m_2 \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right) g$$

$$T = m_2 g + m_2 \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right) g \qquad (3.13)$$

சமன்பாடு (3.13) இன் வலப்பக்கமுள்ள $m_2 g$ ஐ பொதுவாக வெளியே எடுக்கும்போது

$$T = m_2 g \left(1 + \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right)$$

$$T = m_2 g \left(\frac{m_1 + m_2 + m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right)$$

$$T = \left(\frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2}\right) g$$

சமன்பாடு (3.12) முடுக்கத்தின் எண் மதிப்பை மட்டுமே கொடுக்கும்.

நிறை m_1, ன் முடுக்க வெக்டர் பின்வருமாறு

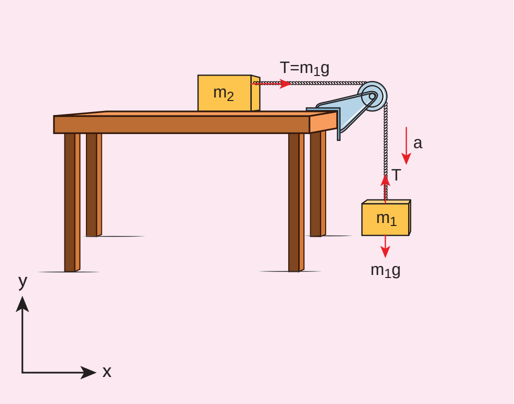
$$\vec{a} = -\left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right) g\hat{j}.$$

அதே போல நிறை m_2 இன் முடுக்கவெக்டர் பின்வருமாறு

$$\vec{a} = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}\right) g\hat{j}$$

நேர்வு 2: கிடைத்தள இயக்கம்

இவ்வகை இயக்கத்தில் நிறை m_2 மேசை ஒன்றின் கிடைத்தளப்பரப்பிலும், m_1 கப்பி ஒன்றின் வழியே படம் 3.17 இல் உள்ளவாறு தொங்கவிடப்படுள்ளன. இங்கு பரப்பின் மீது எவ்வித உராய்வும் இல்லை எனக் கருதுக.



படம் 3.17 கனச் செவ்வகத் துண்டுகளின் கிடைத்தள இயக்கம்

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 128 06-01-2022 01:37:02

நீட்சித்தன்மையற்ற மெல்லிய கயிற்றில் கட்டப்பட்ட இரண்டு நிறைகளில், m_1 நிறை a முடுக்கத்துடன் கீழ்நோக்கியும், அதே முடுக்கத்துடன் m_2 நிறை கிடைத்தளத்திலும் இயக்கத்தை மேற்கொள்கின்றன எனக்கருதுக.

m_2 நிறையின் மீது செயல்படும் விசைகள் பின்வருமாறு

(i) கீழ்நோக்கிச் செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசை (m_2g)

(ii) மேசைப்பரப்பு ஏற்படுத்தும் மேல்நோக்கிய செங்குத்து விசை (N)

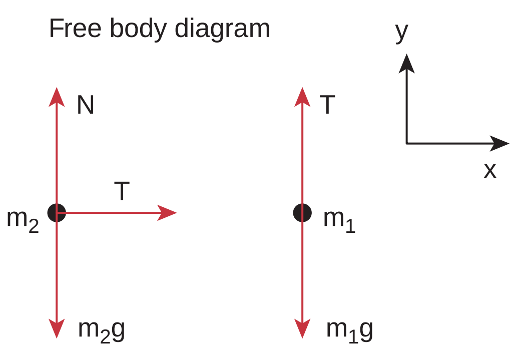
(iii) மெல்லிய கயிறு ஏற்படுத்தும் கிடைத்தள இழுவிசை (T)

இதேபோன்று, m_1 நிறையின் மீது செயல்படும் விசைகள் பின்வருமாறு

(i) கீழ்நோக்கிச் செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசை (m_1g)

(ii) மெல்லிய கயிறு ஏற்படுத்தும் மேல்நோக்கிச் செயல்படும் இழுவிசை (T)

பின்வரும் படம் 3.18 இரண்டு நிறைகளின் விசைப்படத்தைக் காட்டுகிறது.



படம் 3.18 நிறைகள் m_1 மற்றும் m_2 வின் விசைப்படம்

m_1 நிறைக்கு நியூட்டன் இரண்டாம் விதியைப் பயன்படுத்தினால்

$$T\hat{j} - m_1 g\hat{j} = -m_1 a\hat{j} \text{ (} y \text{ அச்சுத் திசையில்)}$$

இருபுறமும் கூறுகளை ஒப்பிட

$$T - m_1 g = -m_1 a \qquad (3.14)$$

m_2 நிறைக்கு நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியைப் பயன்படுத்துக

$$T\hat{i} = m_2 a\hat{i} \text{ (} x \text{ அச்சு திசையில்)}$$

இருபுறமும் கூறுகளை ஒப்பிட

$$T = m_2 a \qquad (3.15)$$

Y அச்சு திசையில் நிறைக்கு எவ்வித முடுக்கமும் இல்லை

$$N\hat{j} - m_2 g\hat{j} = 0$$

இருபுறமும் கூறுகளை ஒப்பிட

$$N - m_2 g = 0$$

$$N = m_2 g \qquad (3.16)$$

சமன்பாடு (3.15) ஐ சமன்பாடு (3.14) ல் பிரதியிட்டால் முடுக்கம் a கிடைக்கும்.

$$m_2 a - m_1 g = -m_1 a$$

$$m_2 a + m_1 a = m_1 g$$

$$a = \frac{m_1}{m_1 + m_2} g \qquad (3.17)$$

கயிற்றின் இழுவிசைக்கான சமன்பாட்டைப் பெறலாம், சமன்பாடு (3.17) ஐ (3.15) ல் பிரதியிடுவதன் மூலம் பெறலாம்.

$$T = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} g \qquad (3.18)$$

இரண்டு நேர்வுகளிலும் உள்ள இயக்கங்களை ஒப்பிடும்போது, கிடைத்தள இயக்கத்திலுள்ள கயிற்றின் இழுவிசையானது, செங்குத்து இயக்கத்திலுள்ள கயிற்றின் இழுவிசையில் பாதியளவே உள்ளதை அறியலாம்.

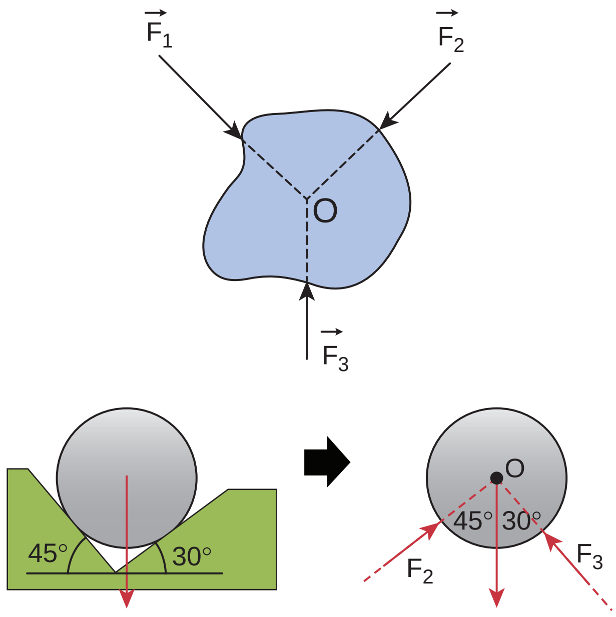
இம்முடிவு தொழில் துறையில் முக்கியப் பங்காற்றுகிறது. கிடைத்தள இயக்கத்திலுள்ள இயங்கு பட்டையில் (conveyor belt) பயன்படும் கயிறுகள் செங்குத்து இயக்கத்திலுள்ள மின்உயர்த்தி (lift) மற்றும் எடைத்தூக்கி (crane)

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 129 06-01-2022 01:37:04

இவற்றில் பயன்படும் கயிறுகளைவிட நீண்ட ஆயுளைப் பெற்றிருக்கும்.

3.3.5 ஒருமைய விசைகள் மற்றும் லாமியின் தேற்றம்

பல்வேறு விசைகள் ஒரே புள்ளியில் சந்திக்குமானால், அவ்விசைகளை ஒருமைய விசைகள் என்று அழைக்கலாம். படம் 3.19 ஒருமைய விசைகளைக் காட்டுகிறது. ஒருமைய விசைகள், ஒரே தளத்தில் அமைய வேண்டிய அவசியமில்லை. மாறாக அவை ஒரேதளத்தில் அமைந்தால் அவ்விசைகளை ஒருமைய மற்றும் ஒருதள விசைகள் என்று அழைக்கலாம்.

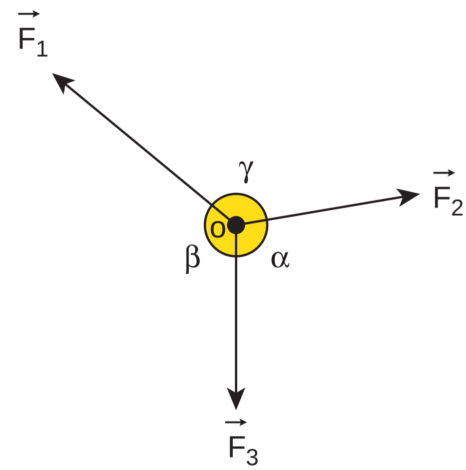


படம் 3.19 ஒருமைய விசைகள்

3.4 லாமியின் தேற்றம் (Lami's theorem)

லாமி தேற்றத்தின்படி, சமநிலையில் இருக்கும் மூன்று ஒருதள மற்றும் ஒருமைய விசைகள் கொண்ட அமைப்பில், ஒவ்வொரு விசையின் எண் மதிப்பும், மற்ற இரண்டு விசைகளுக்கிடைப்பட்ட கோணத்தின் சைன் மதிப்பிற்கு நேர்த்தகவில் இருக்கும். இம்மூன்று விசைகளுக்கான தகவுமாறிலி சமமாகும்.

படம் 3.20 வில் காட்டியுள்ளபடி $\vec{F}_1, \vec{F}_2$ மற்றும் $\vec{F}_3$ என்ற மூன்று ஒரு தள மற்றும் ஒரு மைய விசைகள் O என்ற புள்ளியில் செயல்பட்டு அப்புள்ளியை சமநிலையில் வைக்கின்றன என்க. லாமியின் தேற்றப்படி



படம் 3.20 O என்ற புள்ளியில் செயல்படும் $\vec{F}_1, \vec{F}_2$ மற்றும் $\vec{F}_3$ என்ற மூன்று ஒரு தள மற்றும் ஒருமைய விசைகள்

$$|\vec{F}_1| \propto \sin\alpha$$

$$|\vec{F}_2| \propto \sin\beta$$

$$|\vec{F}_3| \propto \sin\gamma$$

எனவே, $$\frac{|\vec{F}_1|}{\sin\alpha} = \frac{|\vec{F}_2|}{\sin\beta} = \frac{|\vec{F}_3|}{\sin\gamma} \qquad (3.19)$$

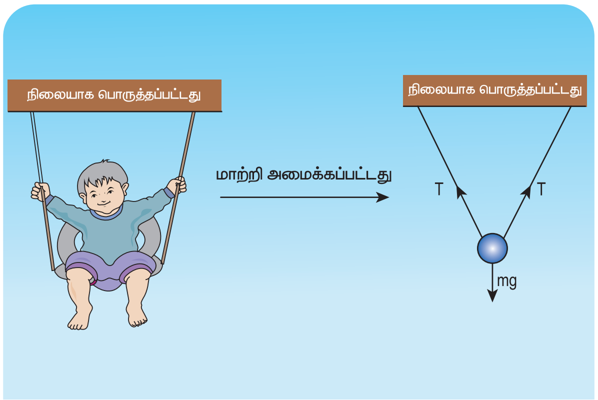
விசைகள் செயல்பட்டு, ஓய்வுச் சமநிலையில் உள்ள பொருள்களை பகுப்பாய்வு செய்வதில், லாமியின் தேற்றம் மிக முக்கியமாகப் பயன்படுகிறது.

லாமி தேற்றத்தின் பயன்பாடு

எடுத்துக்காட்டு 3.14

ஒத்த இரண்டு சங்கிலிகளால் செய்யப்பட்ட ஓய்வு நிலையில் உள்ள ஒரு ஊஞ்சல் ஒன்றில் குழந்தை ஒன்று அமர்ந்திருக்கிறது. அக்குழந்தையின் மீது செயல்படும் விசைகளைக் காண்க. மேலும் லாமியின் தேற்றத்தைப் பயன்படுத்தி சங்கிலியின் இழுவிசையைக் கணக்கிடுக.

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 130 06-01-2022 01:37:06



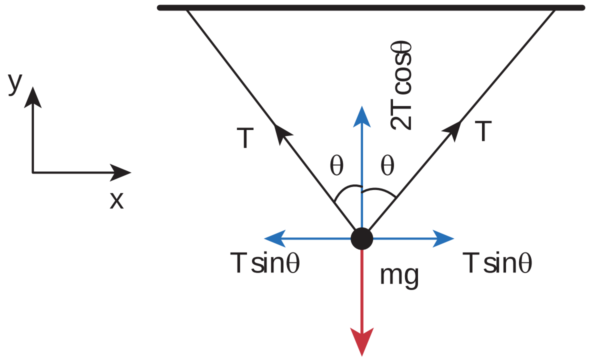
தீர்வு:

ஊஞ்சலில் அமர்ந்திருக்கும் குழந்தையை, நிறை ஒன்று நீட்சித்தன்மையற்ற மெல்லிய இரண்டு கயிறுகளால் கட்டித் தொங்கவிடப்பட்ட அமைப்பாகக் கருதலாம். குழந்தையின் மீது இரண்டு விசைகள் செயல்படுகின்றன. அவை

(i) எதிர்குறி y அச்சுத் திசையில் செயல்படும் கீழ்நோக்கிய புவியீர்ப்பு விசை (mg)

(ii) இரண்டு கயிறுகளின் வழியே செயல்படும் இழுவிசைகள் (T)

இவ்விரண்டு விசைகளும் படத்தில் காட்டியுள்ளபடி ஒருதள மற்றும் ஒருமைய விசைகளாகும்.



லாமி தேற்றத்தின்படி,

$$\frac{T}{\sin(180-\theta)} = \frac{T}{\sin(180-\theta)} = \frac{mg}{\sin(2\theta)}$$

இங்கு $\sin(180-\theta) = \sin\theta$ மற்றும் $\sin(2\theta) = 2\sin\theta\cos\theta$

எனவே, $$\frac{T}{\sin\theta} = \frac{mg}{2\sin\theta\cos\theta}$$

இதிலிருந்து ஒவ்வொரு கயிற்றின் இழுவிசை (T) பின்வருமாறு காணப்படும் $T = \frac{mg}{2\cos\theta}$

குறிப்பு

$\theta = 0°$ எனில், கயிறுகள் செங்குத்தாக இருக்கும். ஒவ்வொரு கயிற்றின் இழுவிசை $T = \frac{mg}{2}$ ஆகவும் இருக்கும்.

3.5 மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்த மாறா விதி

மாறா விதிகள் (conservation laws) இயற்கையில் ஒரு முக்கியமான அங்கத்தை வகிக்கிறது. மாறா விதிகளைப்பயன்படுத்தி இயங்கும் பொருட்களின் இயக்கங்களை சிறப்பாக பகுப்பாய்வு செய்ய இயலும். இயங்கியலில் அல்லது எந்திரவியலில் மூன்று மாறா விதிகள் உள்ளன. அவை பின்வருமாறு

(i) ஆற்றல் மாறா விதி (law of conservation of energy)

(ii) மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்த மாறா விதி (law of conservation of total linear momentum.) மற்றும் கோண உந்த மாறா விதி (law of conservation of angular momentum.)

நியூட்டனின் இரண்டாம் விதி மற்றும் மூன்றாம் விதிகளை ஒன்றிணைத்து, மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்த மாறா விதியைப் பெறலாம்.

இரண்டு துகள்கள், ஒன்றோடொன்று தொடர்பு கொள்ளும் போது, ஒரு துகள் செயல் எதிர்செயல் புரியும்போது ஒவ்வொரு துகளும் மற்ற துகளின் மீது $\vec{F}_{21}$ என்ற விசையை செலுத்தினால், அதே நேரத்தில் இரண்டாவது துகள், முதல் துகளின்மீது $\vec{F}_{12}$ என்ற சமமான எதிர்விசையைச் செலுத்தும். எனவே நியூட்டனின் மூன்றாம் விதிப்படி

$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12} \qquad (3.20)$$

துகள்களின் உந்தங்கள் அடிப்படையில் ஒவ்வொரு துகள் மீதும் செயல்படும் விசையை நியூட்டன் இரண்டாம் விதியினைக் கொண்டு கணக்கிடலாம்.

$$\vec{F}_{12} = \frac{d\vec{p}_1}{dt} \text{ மற்றும் } \vec{F}_{21} = \frac{d\vec{p}_2}{dt}. \qquad (3.21)$$

இங்கு $\vec{p}_1$ என்பது முதல் துகளின் உந்தம், அது இரண்டாம் துகள் செலுத்தும் $\vec{F}_{12}$ என்ற விசையினால்

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 131 06-01-2022 01:37:09

மாற்றமடைகிறது. அதே போல $\vec{p}_2$ என்பது இரண்டாம் துகளின் உந்தம். இவ்வுந்தமானது முதல் துகள் இரண்டாவது துகளின் மீது செலுத்தும் $\vec{F}_{21}$ என்ற விசையினால் மாற்றமடைகிறது (சமன்பாடு 3.21) சமன்பாடு (3.20) இல் பிரதியிடுக

$$\frac{d\vec{p}_1}{dt} = -\frac{d\vec{p}_2}{dt} \quad (3.22)$$

$$\frac{d\vec{p}_1}{dt} + \frac{d\vec{p}_2}{dt} = 0 \quad (3.23)$$

$$\frac{d}{dt}\left(\vec{p}_1 + \vec{p}_2\right) = 0$$

இதிலிருந்து $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 =$ எப்பொழுதும் மாறா வெக்டர் என்பதை அறியலாம்.

இங்கு $\vec{p}_1 + \vec{p}_2$ என்பது இரண்டு துகள்களின் மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்தமாகும்.

$$(\vec{p}_{tot} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2) \text{ இதை}$$

அமைப்பின் மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்தம் என்றும் அழைக்கலாம். இம்முடிவிலிருந்து மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்த மாறா விதியை பின்வருமாறு வரையறை செய்யலாம்.

அமைப்பின் மீது எவ்வித வெளிப்புற விசையும் செயல்படாத நிலையில், அமைப்பின் மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்தம் எப்பொழுதும் ஒரு மாறா வெக்டராகும். வேறு வகையில் கூறுவோமாயின் அமைப்பின் மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்தம் நேரத்தைப் பொருத்து மாறாது.

இங்கு $\vec{p}_1$ மற்றும் $\vec{p}_2$ வில் ஏதேனும் மாற்றம் ஏற்பட்டாலும் அமைப்பின் மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்தம் $\vec{p}_1 + \vec{p}_2$ மாறாது என்பதைப் புரிந்துகொள்ள வேண்டும். $\vec{F}_{12}$ மற்றும் $\vec{F}_{21}$ விசைகளை அமைப்பின் அகவிசைகள் என்று அழைக்கலாம். ஏனெனில் இவ்விசைகள் துகள்களுக்கிடையே மட்டும் செயல்படுகின்றன. துகளின் மீது எவ்வித வெளிப்புற விசையும் செயல்படாத நிலையில் அமைப்பின் மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்தம் ஒரு மாறா வெக்டராகும்.

எடுத்துக்காட்டு 3.15

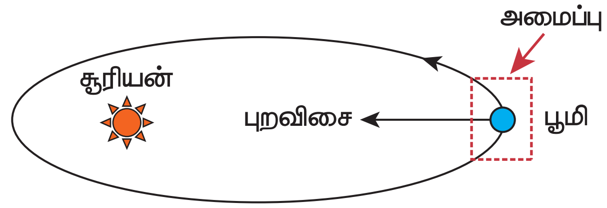
கீழ்க்கண்ட அமைப்புகளில் செயல்படும் அக மற்றும் புற விசைகளை காண்க.

a) புவியை மட்டும் தனியாகக் கொண்ட அமைப்பு
b) புவி மற்றும் சூரியன் இணைந்த அமைப்பு
c) நடக்கும் மனிதன் – என்ற அமைப்பு
d) நமது உடல் மற்றும் புவி இணைந்த அமைப்பு

தீர்வு

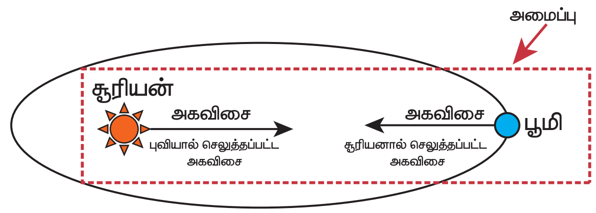
(a) புவி மட்டும் கொண்ட அமைப்பு

சூரியனின் ஈர்ப்பு விசையினால், புவி சூரியனைச் சுற்றிவருகிறது. புவியினைத் தனித்த அமைப்பு எனக்கருதினால், சூரியனின் ஈர்ப்பு விசையை புறவிசையாகக் கருதலாம். நிலவையும் நாம் கணக்கில் எடுத்துக்கொண்டால், நிலவும் புவியின் மீது ஒரு புறவிசையைச் செலுத்தும்.



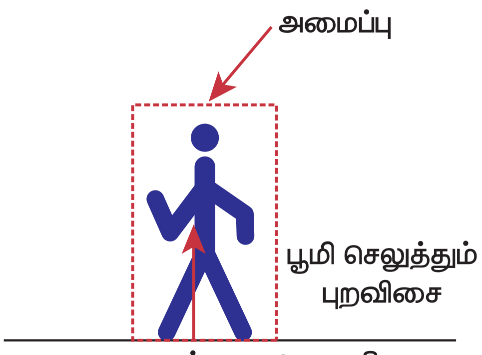
(b) புவி மற்றும் சூரியன் இணைந்த அமைப்பு

இந்நேர்வில், இரண்டு அக விசைகள் செயல் – எதிர்ச்செயல் விசை சோடியாக செயல்படுகின்றன. ஒன்று சூரியன் புவியின் மீது செலுத்தும் ஈர்ப்பு விசை, மற்றொன்று புவி சூரியனின் மீது செலுத்தும் ஈர்ப்புவிசை ஆகும்.



(c) நடக்கும் மனிதன் – என்ற அமைப்பு

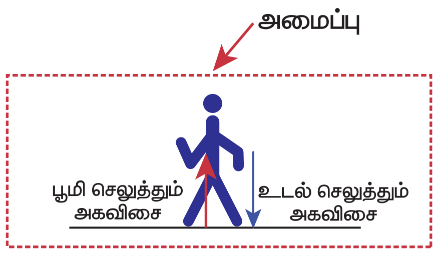
நடக்கும் போது, நாம் புவியின் மீது ஒரு விசையை செலுத்தும் அதே நேரத்தில் புவியும் இதற்குச் சமமான எதிர்விசை ஒன்றை நம்மீது செலுத்துகிறது. நமது உடலை மட்டும் ஒரு அமைப்பாகக் கருதினால் புவி நம்மீது செலுத்தும் எதிர்விசையை புறவிசை எனக்கருதலாம்.



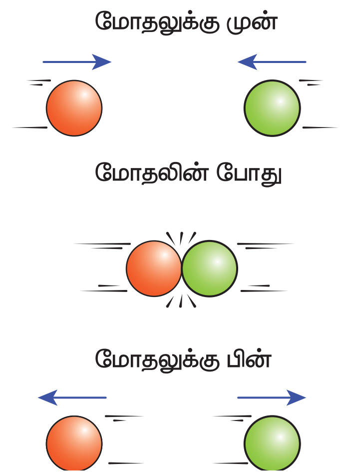
நமது உடல் ஒரு தொகுதி

(d) நமது உடல் மற்றும் புவி இணைந்த அமைப்பு

இந்நிகழ்வில், இரண்டு அக விசைகள் அமைப்பில் உள்ளன. ஒன்று நாம் புவியின் மீது செலுத்தும் விசை, மற்றொன்று புவி நம்மீது செலுத்தும் சமமான எதிர்விசை.



நமது உடல் மற்றும் புவி இணைந்த அமைப்பு



இரு துகள்களின் மோதல்

உந்த மாறா விதியின் பொருள்

1) உந்த மாறா விதி ஒரு வெக்டர் விதியாகும். இவ்விதி மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்தத்தின் எண் மதிப்பு மற்றும் திசை மாறாதவை எனக்காட்டுகிறது. சில நேர்வுகளில் மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்தம் சுழி மதிப்பையும் பெறலாம்.

2) பொருளொன்றின் இயக்கத்தினைப் பகுப்பாய்வு செய்யும்போது நியூட்டனின் இரண்டாம் விதி அல்லது நேர்க்கோட்டு உந்த மாறா விதியை நாம் பயன்படுத்தலாம். நியூட்டனின் இரண்டாவது விதியைப் பயன்படுத்த வேண்டுமானால் நாம் பொருளின் மீது செயல்படும் விசைகளைக் குறிப்பிட வேண்டும். நடைமுறைச் சூழலில் இது கடினமாகும். ஆனால் உந்த மாறா விதியில், இவ்வாறு விசைகளைச் சுட்டிக்காட்ட வேண்டிய அவசியமில்லை. எனவே உந்த மாறா விதி பயன்படுத்துவதற்கு எளிமையானது மற்றும் முக்கியத்துவம் வாய்ந்ததாகும்.

எடுத்துக்காட்டாக, இரண்டு பொருட்கள் ஒன்றுடன் ஒன்று மோதும் நிகழ்வில் அவ்விரண்டு பொருட்களும் ஒன்றின்மீது மற்றொன்று செலுத்தும் விசையைக் குறிப்பிடுவது சற்றே கடினமாகும். ஆனால் மோதலின்போது உந்த மாறா விதியை பயன்படுத்துவது எளிமையாகும்.

எடுத்துக்காட்டுகள்

(1) துப்பாக்கி சுடும் நிகழ்வு ஒன்றைக் கருதுக. இங்கு துப்பாக்கி மற்றும் குண்டு இரண்டும் சேர்ந்தது ஒரு அமைப்பு ஆகும். தொடக்கத்தில் துப்பாக்கி மற்றும் குண்டு இரண்டும் ஓய்வு நிலையில் உள்ளன எனவே அமைப்பின் மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்தம் சுழியாகும். $\vec{p}_1$ என்பது குண்டின் உந்தமாகவும், $\vec{p}_2$ என்பது துப்பாக்கியின் உந்தமாகவும் கருதுக. இங்கு இரண்டும் ஓய்வு நிலையில் உள்ளன.

$$\vec{p}_1 = 0, \vec{p}_2 = 0.$$

சுடுவதற்கு முன் மொத்த உந்தம் சுழி $\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = 0$ நேர்க்கோட்டு உந்த அழிவின்மை விதிப்படி, துப்பாக்கி சுட்ட பின்பும் மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்தம் சுழி மதிப்பைப் பெற வேண்டும்.

துப்பாக்கி சுடப்படும்போது, துப்பாக்கி முன்னோக்கிய திசையில் ஒரு விசையை குண்டின் மீது செலுத்தும். எனவே குண்டின் உந்தம் $\vec{p}_1$ லிருந்து $\vec{p}_1^{\,'}$ க்கு மாற்றமடையும். நேர்க்கோடு உந்த மாறா விதியின்

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 133 06-01-2022 01:37:14

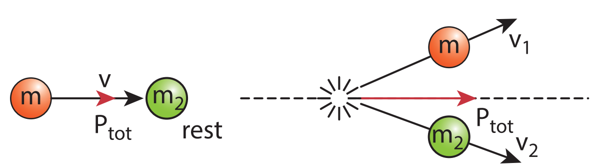
காரணமாக துப்பாக்கியின் உந்தமும் $\vec{p}_2$ விலிருந்து $\vec{p}_2'$ மாற்றமடையும். உந்த மாறா விதிப்படி $\vec{p}_1' + \vec{p}_2' = 0$ இதிலிருந்து $\vec{p}_1' = -\vec{p}_2'$ என அறியலாம். எனவே துப்பாக்கியின் உந்தம் துப்பாக்கிக் குண்டின் உந்தத்திற்கு எதிர்திசையில் இருக்கும்.

இதன் காரணமாகத்தான் துப்பாக்கி சுடப்பட்டபின்பு, $\left(-\vec{p}_2'\right)$ என்ற ஒரு உந்தத்துடன் பின்னோக்கி இயங்கும். இதற்கு 'பின்னியக்க உந்தம்' என்று பெயர். இந்த இயக்கம் உந்த மாறா விதிக்கு ஒரு எடுத்துக் காட்டு ஆகும்.

I1OG9

(2) ஓய்வு நிலையிலுள்ள ஒரு பொருள், மற்றும் அதை நோக்கிய திசையில் இயங்கும் பொருள் ஆகிய இரண்டு பொருட்களைக் கருதுக. இவை இரண்டும் ஒன்றுடன் ஒன்று மோதி, மோதலுக்குப்பின் தன்னிச்சையான திசையில் செல்கின்றன.

இந்நிகழ்வில், மோதலுக்கு முன்பு அமைப்பின் மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்தம், இயக்கத்திலுள்ள பொருட்களின் தொடக்க நேர்க்கோட்டு உந்தத்திற்குச் சமமாகும். நேர்க்கோட்டு உந்த மாறா விதிப்படி, மோதலுக்கு பின்பும் அமைப்பின் மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்தம் முன்னோக்கிய திசையில் செயல்படும். பின்வரும் படம் இதனை விளக்குகிறது.



மோதலுக்கு முன் மோதலுக்குப் பின்

மோதலுக்கு முன்பு

பிரிவு 4.4 இல் இம்மோதல் பற்றிய விரிவான கணக்கீடுகள் வழங்கப்பட்டுள்ளன. இங்கு பின்வரும் கருத்தைப் புரிந்து கொள்வது பயனுள்ளதாக இருக்கும். மோதலுக்கு முன்பும், பின்பும் மொத்த உந்த வெக்டர் ஒரே திசையில் உள்ளது. இது மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்தம் மோதலுக்கு முன்பும் பின்பும் ஒரு மாறிலி வெக்டர் என்பதை எளிமையாக விளக்குகின்றது.

மோதலின்போது ஒவ்வொரு பொருளும் மற்ற பொருளின் மீது ஒரு விசையைச் செலுத்தும். இவ்விரண்டு பொருட்களையும் ஒரு அமைப்பு எனக்கருதினால், இவ்விரண்டு விசைகளும் அகவிசைகளாகும். எனவே இந்த அகவிசைகள் மொத்த நேர்க்கோட்டு உந்தத்தை மாற்றாது.

3.5.1 கணத்தாக்கு

மிக அதிக விசை, மிகக்குறுகிய நேரத்திற்கு ஒரு பொருளின் மீது செயல்பட்டால் அவ்விசையை கணத்தாக்கு விசை அல்லது கணத்தாக்கு என்று அழைக்கலாம்.

F என்ற விசை, மிகக் குறுகிய நேர இடைவெளியில் (Δt) ஒரு பொருளின் மீது செயல்பட்டால் நியூட்டன் இரண்டாம் விதியின் எண் மதிப்பு வடிவில் இந்நிகழ்வினை பின்வருமாறு குறிப்பிடலாம்.

$$Fdt = dp$$

தொடக்க நேரம் t_i மற்றும் இறுதி நேரம் t_f என்ற கால இடைவெளியில் இச்சமன்பாட்டை தொகையிட

$$\int_i^f dp = \int_{t_i}^{t_f} F\,dt$$

$$p_f - p_i = \int_{t_i}^{t_f} F\,dt$$

p_i என்பது t_i என்ற நேரத்தில் பொருளின் ஆரம்ப உந்தம்

p_f என்பது t_f என்ற நேரத்தில் பொருளின் இறுதி உந்தம்

$p_f - p_i = \Delta p$ என்பது $t_f - t_i = \Delta t$ என்ற நேர இடைவெளியில் பொருளில் ஏற்பட்ட உந்த மாற்றமாகும்.

தொகையீடு $\int_{t_i}^{t_f} F\,dt = J$ என்பது கணத்தாக்கு எனப்படும். மேலும், இக்கணத்தாக்கு பொருளின் உந்த மாற்றத்திற்கு சமமாகும்.

கொடுக்கப்பட்ட நேர இடைவெளியில் விசை ஒரு மாறா மதிப்பைப் பெற்றிருப்பின்

$$\int_{t_i}^{t_f} F\,dt = F\int_{t_i}^{t_f} dt = F\left(t_f - t_i\right) = F\Delta t$$

$$F\,\Delta t = \Delta p \qquad (3.24)$$

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 134 06-01-2022 01:37:16

சமன்பாடு (3.24) க்கு "கணத்தாக்கு – உந்தச் சமன்பாடு" என்று பெயர்

விசை ஒரு மாறா மதிப்பைப் பெற்றுள்ளபோது, கணத்தாக்கு $J = F\Delta t$ எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது. மேலும், இது Δt என்ற நேர இடைவெளியில் பொருளில் ஏற்படும் உந்த மாற்றத்திற்கு (Δp) சமம் ஆகும்.

கணத்தாக்கு ஒரு வெக்டர் அளவாகும். இதன் அலகு $N\,s$

ஒரு சிறிய நேர இடைவெளியில் பொருளின்மீது செயல்படும் சராசரி விசையைப் பின்வருமாறு வரையறை செய்யலாம்.

$$F_{avg} = \frac{\Delta p}{\Delta t} \qquad (3.25)$$

சமன்பாடு (3.25) லிருந்து, நேர இடைவெளி மிகக் குறுகியதாக இருப்பின், பொருளின்மீது செயல்படும் சராசரி விசை மிக அதிகமாக இருக்கும். பொருளின் உந்தம் எப்பொழுதெல்லாம் மிகவேகமாக மாற்றமடைகிறதோ, அப்பொழுதெல்லாம் சராசரி விசை மிக அதிகமாக இருக்கும்.

கணத்தாக்கை, சராசரி விசையின் அடிப்படையிலும் எழுதலாம். ஏனெனில் பொருளின் உந்த மாற்றம் Δp கணத்தாக்கு (J) க்கு சமமாகும். எனவே

$$J = F_{avg}\Delta t \qquad (3.26)$$

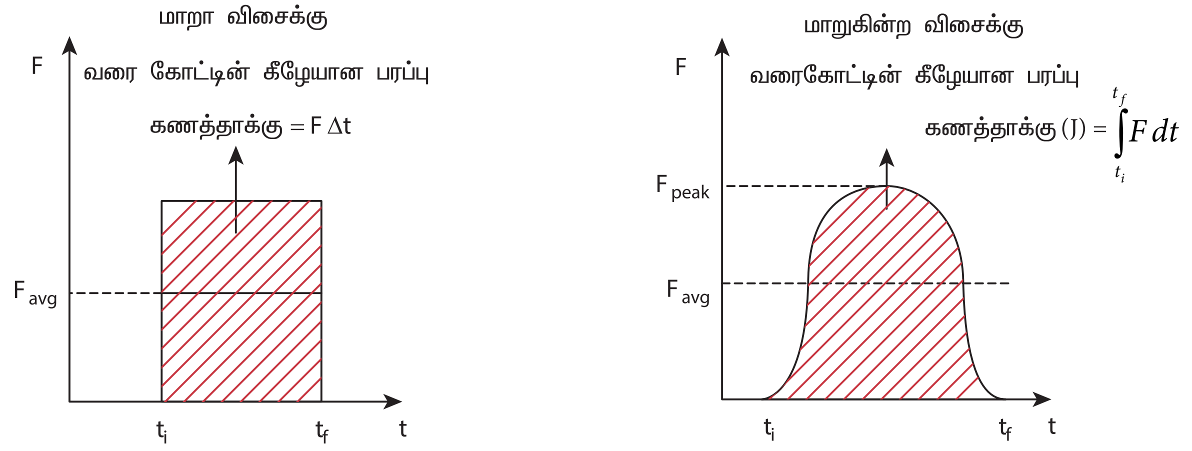
மாறா விசையினால் ஏற்படும் கணத்தாக்கு மற்றும் மாறும் விசையினால் ஏற்படும் கணத்தாக்கு ஆகியவற்றின் வரைபடம் படம் 3.21 இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது

எடுத்துக்காட்டுகள்

1. கிரிக்கெட் வீரர், வேகமாகவரும் பந்தினை பிடிக்கும்போது அவரின் கரங்களை பந்து வரும் திசையிலேயே படிப்படியாக தாழ்த்துவதன் காரணம் என்ன?

   கிரிக்கெட் வீரர் பந்தைப்பிடித்த உடன் தன்னுடைய கரங்களை தாழ்த்தாமல் உடனடியாக நிறுத்தினால் பந்து உடனடியாக ஓய்வுநிலைக்கு வரும். அதாவது பந்தின் உந்தம் உடனடியாக சுழியாகிறது. இதனால் கரங்களின் மீது பந்து செலுத்தும் சராசரி விசை பெரும மதிப்பைப் பெறும். எனவே கிரிக்கெட் வீரரின் கரங்கள் வேகமாக தாக்கப்பட்டு அவர் அதிக வலியினை உணர்வார். இதனைத் தவிர்ப்பதற்காகத்தான் அவர் தன்னுடைய கரங்களை படிப்படியாக தாழ்த்துகிறார்.

2. வேகமாகச் செல்லும் கார் ஒன்று விபத்திற்குள்ளாகும்போது அதன் உந்தம்



படம் 3.21 மாறாவிசை கணத்தாக்கு மற்றும் மாறும் விசை கணத்தாக்கு

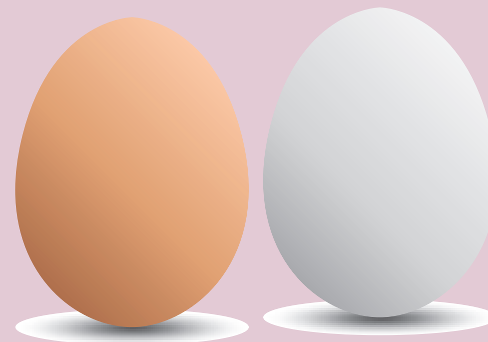
மிகக்குறைந்த நேரத்தில் மிக வேகமாகக் குறைகிறது. இது பயணிகளுக்கு பேராபத்தை விளைவிக்கும். ஏனெனில் பயணிகளின் மீது இவ்வுந்த மாற்றம் பெரும விசையினைச் செலுத்தும். மரணத்தை ஏற்படுத்தும் இந்த விளைவிலிருந்து பயணிகளைக் காக்க காற்றுப்பைகளுடன் கார்கள் தற்போது வடிவமைக்கப்படுகின்றன. இந்தக் காற்றுப்பைகள் பயணிகளின் உந்த மாற்றக் காலத்தை நீட்டித்து அவர்கள் பெரும் விசையைப்பெறுவதிலிருந்து தடுக்கிறது.

3. இரு சக்கர வாகனங்களில் பொருத்தப்பட்டுள்ள அதிர்வுத்தாங்கிகள் (Shock absorbers):

   கார்களில் உள்ள காற்றுப்பைகள் போன்றே இவையும் அதிர்வுதாங்கிகளாக செயலாற்றுகின்றன. மேடுபள்ளங்களில் வாகனம் செல்லும் போது ஒரு திடீர் விசையானது உடனடியாகவாகனத்தின்மீதுசெலுத்தப்படுகிறது. இவ்விசை பயணிகளை உடனடியாகத் தாக்காமல் அதன் தாக்குதல் நேரத்தை நீட்டிக்க அதிர்வுத்தாங்கிகள் பயன்படுகின்றன. எனவே பயணிகள் பெரும விசையை உணர்வதிலிருந்து தடுக்கப்படுகின்றனர். அதிர்வுத்தாங்கிகள் சரிவர இயங்காத வாகனங்களில் பயணம் செய்வது நமது உடலை பாதிக்கும்.

4. மணல் நிரப்பிய தரையில் குதிப்பதைவிட, கான்கிரீட் தரையில் குதிப்பது பேராபத்தை விளைவிக்கும். ஏனெனில், மணல் நிரப்பப்பட்ட தரை நமது உடல் ஓய்வு நிலையை அடையும் நேரத்தை நீடித்து உடல் பெரும விசையைப் பெறுவதிலிருந்து தடுக்கும். ஆனால் கான்கிரீட் தளத்தில் குதிக்கும் போது உடல் உடனடியாக ஓய்வு நிலைக்கு வந்து ஒரு பெரும விசையை உணரும். இது பேராபத்தை விளைவிக்கும்.

கணத்தாக்கு



முட்டை ஒன்று வீசி எறியப்படுகிறது அம்முட்டையை உடையாமல் உங்களால் பிடிக்க முடியுமா? எப்படி என்று விளக்குக.

எடுத்துக்காட்டு 3.16

15$m\ s^{-1}$ வேகத்தில் இயங்கும் 10 kg நிறையுடைய பொருள் சுவர் மீது மோதி

அ) 0.03 s

ஆ) 10 s

ஆகிய நேர இடைவெளிகளில் ஓய்வுநிலையை அடைகிறது. இவ்விரண்டு நேர இடைவெளிகளிலும் பொருளின் கணத்தாக்கு மற்றும் பொருளின் மீது செயல்படும் சராசரி விசை ஆகியவற்றைக் காண்க.

தீர்வு

பொருளின் ஆரம்ப உந்தம்

$p_i = 10 \times 15 = 150\ kg\ m\ s^{-1}$

பொருளின் இறுதி உந்தம் $p_f = 0$

$$\Delta p = 150 - 0 = 150\ kg\ m s^{-1}$$

(அ) கணத்தாக்கு $J = \Delta p = 150\, N\, s.$ (நேர்வு அ)

(ஆ) கணத்தாக்கு $J = \Delta p = 150\, N\, s$ (நேர்வு ஆ)

(அ) சராசரி விசை $F_{avg} = \dfrac{\Delta p}{\Delta t} = \dfrac{150}{0.03} = 5000\, N$

(நேர்வு அ)

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 136 06-01-2022 01:37:19

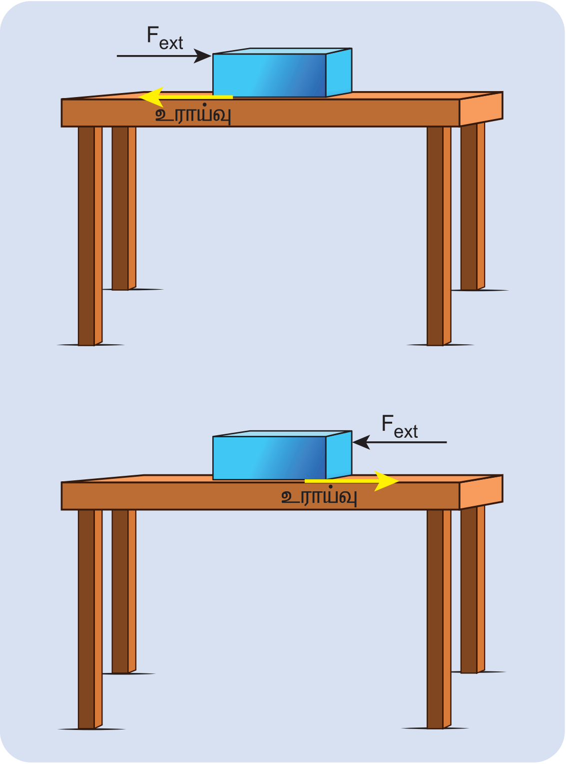
(ஆ) சராசரி விசை $F_{avg} = \frac{150}{10} = 15N$ (நேர்வு ஆ)

இரண்டு நேர்வுகளிலும் பொருளின் கணத்தாக்கு சமம். ஆனால் பொருளின் மீது செயல்படும சராசரி விசை வெவ்வேறானவை.

3.6 உராய்வு

3.6.1 அறிமுகம்

மேசை ஒன்றில் ஓய்வு நிலையிலுள்ள பொருளின் மீது இலேசான விசையைச் செலுத்தினால் அப்பொருள் இயங்காது. இதற்குக் காரணம், மேசையின்பரப்பு பொருள் நகர்வதைத் தடுக்கும் வகையில் அப்பொருளின் மீது செலுத்தும் எதிர்விசையாகும். இந்த எதிர்விசைக்கு உராய்வு விசை என்று பெயர். இவ்வுராய்வு விசையானது பொருள் மற்றும் பொருள் வைக்கப்பட்ட பரப்பு இவற்றிற்கிடையேயான சார்பியக்கத்தை (relative motion) எதிர்க்கும் வகையில் அமையும். பொருளின்மீது நாம் செலுத்தும் விசையின் அளவை



படம் 3.22 உராய்வு விசை

படிப்படியாக அதிகரிக்கும்போது ஒரு குறிப்பிட்ட விசைக்கு பொருள் நகரத் தொடங்கும்.

சார்பு இயக்கம்: பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ள தளத்திற்கு இணையாக ஒரு விசையை பொருளின்மீது செலுத்தினால், அவ்விசை பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ள தளத்தைப் பொருத்து பொருளை இயங்கவைக்க முயற்சிக்கலாம். இச்சார்பு இயக்கத்தை எதிர்க்கும் வகையில் பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ள பரப்பு, நாம் செலுத்தும் விசைக்கு எதிர்த் திசையில் பொருளின் மீது உராய்வு விசையைச் செலுத்தும்.

உராய்வு விசை எப்பொழுதும் பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ள பரப்புக்கு இணையாக அப்பொருளின் மீது செயல்படும்.

உராய்வு இரண்டு வகைப்படும். அவை

1. ஓய்வு நிலை உராய்வு (Static friction)
2. இயக்க நிலை உராய்வு (Kinetic friction)

3.6.2 ஓய்வு நிலை உராய்வு ($\vec{f}_s$)

ஓய்வுநிலை உராய்வு ஒரு பரப்பில் வைக்கப்பட்டுள்ள பொருள் நகரத் தொடங்குவதை எதிர்க்கும் வகையில் அமையும் விசையாகும். பரப்பு ஒன்றில் ஓய்வு நிலையிலுள்ள பொருளின் மீது இரண்டு விசைகள் செயல்படும். அவை கீழ்நோக்கிச் செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசை மற்றும் மேல்நோக்கிச் செயல்படும் செங்குத்து விசை. பொருளின் மீது செயல்படும் இவ்விரண்டு விசைகளின் தொகுபயன் சுழியாகும். இதன் விளைவாக பொருள் ஓய்வுநிலையில் இருக்கும்.

பரப்பு ஒன்றில் ஓய்வு நிலையிலுள்ள பொருளின்மீது பரப்பிற்கு இணையாக வெளிப்புற விசை (F_{ext}) ஒன்று செயல்படும்போது, அப்பரப்பு இவ்வெளிப்புற விசைக்குச் சமமான எதிர் விசையை பொருளின் மீது செலுத்தி அதன் இயக்கத்தைத் தடுத்து அப்பொருளை ஓய்வு நிலையில் வைக்க முயற்சிக்கும். இதிலிருந்து வெளிப்புற விசையும், உராய்வு விசையும் ஒன்றுக்கொன்று சமம் மற்றும் எதிரெதிராக செயல்படும் என்பதை அறியலாம். எனவே பரப்புக்கு இணையாக எவ்வித இயக்கமும் ஏற்படாது.

ஆனால் பொருளின் மீது செலுத்தப்படும் வெளிப்புற விசையின் அளவை படிப்படியாக அதிகரிக்கும்போது, ஒரு குறிப்பிட்ட எல்லைக்குமேல்

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 137 06-01-2022 01:37:19

பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ள பரப்பு, பொருளின் மீது செலுத்தப்படும் வெளிப்புற விசையைச் சமன்செய்யும் அளவிற்கு எதிர் உராய்வு விசையைப் பொருளின்மீது செலுத்த இயலாது. எனவே பொருள் பரப்பின் மீது சறுக்கிச் செல்லத்தொடங்கும். இதுவே பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ள பரப்பு பொருளின் மீது செலுத்தும் பெரும ஓய்வு நிலை உராய்வு விசை ஆகும். சோதனை ரீதியாக, இப் பெரும ஓய்வுநிலை உராய்வு விசையானது அனுபவத்தின் அடிப்படையில் (empirical formula) பெற்ற கீழ்க்காணும் கணிதத் தொடர்பைக் கொண்டிருக்கும்.

$$0 \le f_s \le \mu_s N \qquad (3.27)$$

இங்கு μ_s என்பது ஓய்வு நிலை உராய்வுக் குணகம் எனப்படும். இது ஒன்றை ஒன்று தொடும் இரு பரப்புகளின் தன்மையைச் சார்ந்திருக்கும். N என்பது பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ள பரப்பு, பொருளின் மீது செலுத்தும் செங்குத்து விசையாகும். சில நேரங்களில் இச்செங்குத்து விசை mg க்கு சமமாகும். ஆனால் இது எப்பொழுதும் mg க்கு சமமாக இருக்க வேண்டிய அவசியமில்லை என்பதை நினைவில் கொள்ள வேண்டும்.

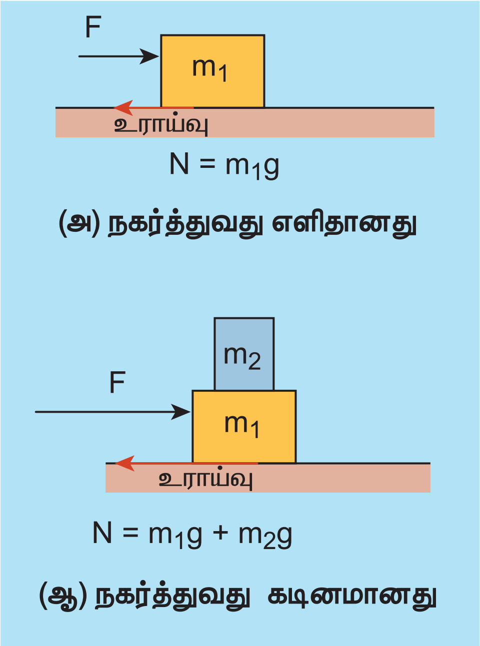
ஓய்வு நிலை உராய்வு விசை, சுழி முதல் μ_sN வரையிலான எந்த மதிப்பையும் பெற்றிருக்கலாம் என்பதைச் சமன்பாடு (3.27) நமக்கு உணர்த்துகிறது.

எவ்வித வெளிப்புற விசையும் செயல்படாதபோது, ஓய்வுநிலையிலுள்ள பொருள் மீது செயல்படும் ஓய்வு நிலை உராய்வு விசை f_s ன் மதிப்பு சுழியாகும் ($f_s = 0$)

ஓய்வுநிலையிலுள்ள பொருளின்மீது, அப்பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ள பரப்பிற்கு இணையாக வெளிப்புற விசையொன்று செயல்படும்போது, பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ள பரப்பு பொருளின் மீது செலுத்தும் ஓய்வு நிலை உராய்வு விசை, பொருளின்மீது செலுத்தப்படும் வெளிப்புற விசைக்குச் சமமாகும். ($f_s = F_{ext}$) இருப்பினும் f_s ன் மதிப்பு μ_sN ஐ விடக் குறைவாகத்தான் இருக்கும்.

பொருளானது, பரப்பின் மீது நகரத் தொடங்கும்போது, பொருளின்மீது செயல்படும் ஓய்வு நிலை உராய்வு விசை (f_s) பெரும மதிப்பை அடையும்.

ஓய்வு நிலை உராய்வு மற்றும் பிற்பகுதியில் நாம் கற்கவிருக்கும் இயக்க உராய்வு இவ்விரண்டும் பொருளின் மீது செலுத்தப்படும் செங்குத்து விசையைச் சார்ந்திருக்கும். பொருள், அப்பொருள் வைக்கப்பட்ட பரப்பை எவ்வளவு வலிமையாக அழுத்துகிறதோ அதற்கேற்ப பொருளின் மீது செயல்படும் செங்குத்து விசையும் அதிகரிக்கும். இதன்விளைவாகப் பொருளை நகர்த்துவது மேலும் கடினமாகும். இது படங்கள் 3.23 (அ) மற்றும் 3.23 (ஆ) ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. மேலும் ஓய்வு நிலை உராய்வு விசை பொருள் மற்றும் பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ள பரப்பு இவ்விரண்டும் தொட்டு கொண்டிருக்கும் பரப்பின் அளவைச் சார்ந்ததல்ல.



படம் 3.23 ஓய்வு நிலை உராய்வு விசை

எடுத்துக்காட்டு 3.17

2 kg நிறையுடைய பொருளொன்று தளம் ஒன்றில் ஓய்வுநிலையில் உள்ளது என்க. பொருள் மற்றும் தளத்திற்கிடையேயான ஓய்வு நிலை உராய்வுக் குணகம் $\mu_s = 0.8$ எனில், அத்தளத்தின் மீது பொருளை நகர்த்துவதற்கு எவ்வளவு விசையைச் செலுத்த வேண்டும்.

தீர்வு

பொருள் ஓய்வு நிலையில் உள்ளதால், பொருளின் மீது செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசை, அப்பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ள தளமானது, பொருளின் மீது செலுத்தும் செங்குத்து விசையினால் சமன் செய்யப்படும்

$$N = mg$$

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 138 06-01-2022 01:37:20

ஓய்வு நிலை உராய்வு விசையின் பெரும மதிப்பு $f_s^{max} = \mu_s N = \mu_s mg$

$$f_s^{max} = 0.8 \times 2 \times 9.8 = 15.68\,N$$

எனவே, பொருளைப் பரப்பின் மீது நகர்த்துவதற்குச் செலுத்த வேண்டிய புறவிசை, கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ள பெரும ஓய்வு நிலை உராய்வு விசையை விட அதிகமாக இருக்கவேண்டும்

$$F_{ext} > 15.68\,N$$

எடுத்துக்காட்டு 3.18

50 kg நிறையுடைய பொருள் தளம் ஒன்றில் ஓய்வுநிலையில் உள்ளது. அப்பொருளினை நகர்த்த அதன் மீது 5 N விசை செலுத்தப்படுகிறது. எனினும் பொருள் நகரவில்லை. இந்நிலையில் பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ள தளம், பொருளின் மீது செலுத்தும் உராய்வு விசையைக் கண்டுபிடி.

தீர்வு

பொருள் ஓய்வு நிலையில் உள்ளபோது, பொருளின் மீது செலுத்தப்படும் வெளிப்புற விசையும், பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ள தளம் பொருளின்மீது செலுத்தும் உராய்வு விசையும் ஒன்றுக்கொன்று சமம் மற்றும் எதிரெதிராகச் செயல்படும்.

இவ்விரு விசைகளின் எண் மதிப்புகளும் சமமாகும்

$f_s = F_{ext}$

எனவே, பொருளின் மீது செயல்படும் ஓய்வு நிலை உராய்வு விசை

$$f_s = 5\,N.$$

உராய்வு விசையின் திசை, வெளிப்புற விசையின் திசைக்கு F_{ext} எதிர்த் திசையில் இருக்கும்.

எடுத்துக்காட்டு 3.19

7 kg மற்றும் 5 kg நிறையுடைய இரண்டு பொருட்கள் படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு மேசையின் முனையில் பொருத்தப்பட்டுள்ள கப்பி ஒன்றின் வழியே செல்லும் மெல்லிய கயிற்றின் இரண்டு முனைகளில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. பொருளுக்கும், பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ள பரப்புக்கும் இடையேயான ஓய்வு நிலை உராய்வுக் குணகத்தின் மதிப்பு 0.9 எனில் பரப்பின் மீது வைக்கப்பட்டிருக்கும் 7 kg நிறையுடைய m_1 என்ற பொருள் நகருமா? அவ்வாறு நகரவில்லை எனில் m_2 நிறையின் எம்மதிப்பிற்கு m_1 நிறை நகரத் துவங்கும்?

தீர்வு

படத்தில் காட்டியவாறு m_1 நிறையின் மீது நான்கு விசைகள் செயல்படுகின்றன

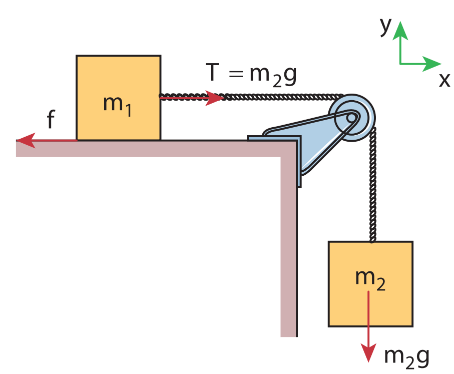
அ) எதிர்க்குறி y அச்சுத்திசையில் கீழ்நோக்கிச் செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசை (m_1g)

ஆ) நேர்க்குறி y அச்சுத்திசையில் மேல் நோக்கிச் செயல்படும் செங்குத்து விசை (N)

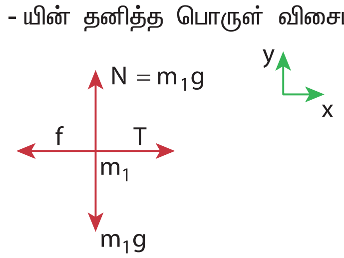
இ) m_2 நிறையினால் நேர்க்குறி x அச்சுத்திசையில் செயல்படும் இழுவிசை

ஈ) எதிர்க்குறி x அச்சுத்திசையில் செயல்படும் உராய்வு விசை

இங்கு, நிறை m_1 எவ்விதமான செங்குத்து இயக்கத்தையும் மேற்கொள்ளவில்லை. எனவே, $m_1g = N$



நிறை m_1 - யின் தனித்த பொருள் விசைப்படம்



பரப்பின் மீது m_1 நிறை நகர்கிறதா எனக் கண்டறிய, m_1 நிறை வைக்கப்பட்டுள்ள பரப்பு, m_1 நிறையின்மீது செலுத்தும் பெரும ஓய்வுநிலை உராய்வினைக் காண வேண்டும். நிறை m_1 மீது செயல்படும் இழுவிசை, பெரும ஓய்வு நிலை உராய்வு விசையை விட அதிகமாக இருப்பின் பொருள் நகரத்துவங்கும்.

$$f_s^{max} = \mu_s N = \mu_s m_1 g$$

$$f_s^{max} = 0.9 \times 7 X 9.8 = 61.74\ N$$

இழுவிசை = $T = m_2 g = 5 \times 9.8 = 49\ N$

$$T < f_s^{max}$$

நிறை m_1 மீது செயல்படும் இழுவிசை, ஓய்வு நிறை உராய்வை விடக் குறைவாக இருப்பதனால் நிறை m_1 பரப்பின் மீது நகராது.

m_1 நிறையை நகர்த்த $T > f_s^{max}$ இங்கு $T = m_2 g$

$$m_2 = \frac{\mu_s m_1 g}{g} = \mu_s m_1$$

$$m_2 = 0.9 \times 7 = 6.3\ kg$$

நிறை m_2 மதிப்பு 6.3 kg விட அதிகம் எனில், நிறை m_1 பரப்பின் மீது நகரத் தொடங்கும்.

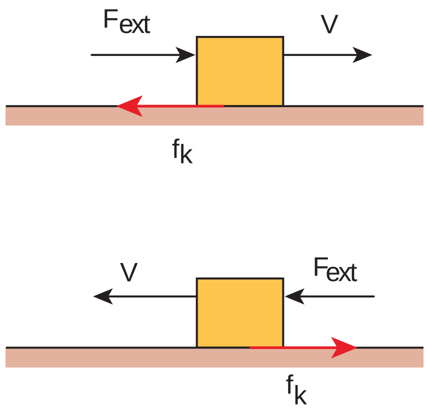
பரப்பில் எவ்வித உராய்வும் இல்லை எனில் அதாவது வழுவழுப்பான பரப்பு எனில், நிறை m_2 வின் எந்தவொரு மதிப்பிற்கும் நிறை m_1 பரப்பின் மீது நகர்ந்து செல்லும் என்பதை இங்கு நினைவில் கொள்ள வேண்டும்.

சோடிப்பொருட்களின் பரப்புகளுக்கிடையேயான ஓய்வு நிலை உராய்வுக் குணகத்தின் மதிப்பு, அட்டவணை 3.1 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது பனிக்கட்டித் துண்டுகளுக்கிடையேயான ஓய்வு நிலை உராய்வுக் குணகம் மிகக்குறைந்த மதிப்பைப் பெற்றுள்ளதை இங்கு கவனிக்கவும். ஒரு பனிக்கட்டித்துண்டை மற்றொரு பனிக்கட்டித் துண்டின்மீது எளிதாக நகர்த்த முடியும் என்பதை இது சுட்டிக்காட்டுகிறது.

3.6.3 இயக்க உராய்வு (Kinetic fricton)

பொருளின் மீது செலுத்தப்படும் புறவிசை, ஓய்வு நிலை உராய்வு விசையின் பெரும மதிப்பைவிட அதிகமாக இருக்கும்போது, பொருள் பரப்பின் மீது நகர்ந்து செல்லத் துவங்கும். அவ்வாறு நகர்ந்து செல்லும் பொருளின் மீது, பொருள் நகர்ந்து செல்லும் பரப்பு ஒரு உராய்வு விசையைச் செலுத்தும், அவ்வுராய்வு விசையே இயக்கநிலை உராய்வு எனப்படும்.

இவ்வியக்க உராய்வு, சறுக்கு உராய்வு என்றும் அழைக்கப்படும். பொருளொன்றை சீரான திசைவேகத்தில் இயக்க, அப்பொருளின் மீது செயல்படும் இயக்க உராய்வின் எண்மதிப்பிற்குச் சமமாகவும் அதற்கு எதிர்த்திசையிலும் ஒரு விசையினைப் பொருளின்மீது செலுத்த வேண்டும்.



படம் 3.24 இயக்க உராய்வு

இயக்க உராய்வின் எண்மதிப்பு கீழ்க்காணும் சமன்பாட்டின்படி அமைய வேண்டும் என்று சோதனைகளின் அடிப்படையில் கண்டறியப்பட்டுள்ளது.

அட்டவணை 3.1 சோடிப் பொருள்களுக்கிடையேயான ஓய்வுநிலை உராய்வுக் குணகம்

சோடிப் பொருள்கள்	ஓய்வுநிலை உராய்வுக் குணகம்
கண்ணாடி மற்றும் கண்ணாடி	1.0
பனிக்கட்டி மற்றும் பனிக்கட்டி	0.10
எஃகு மற்றும் எஃகு	0.75
மரக்கட்டை மற்றும் மரக்கட்டை	0.35
இரப்பர் டயர் மற்றும் கான்கீரிட் சாலை	1.0
இரப்பர் டயர் மற்றும் ஈரமான சாலை	0.7

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 140 06-01-2022 01:37:22

$$f_k = \mu_k N \quad (3.28)$$

இங்கு μ_k என்பது இயக்க உராய்வுக் குணகம் மற்றும் N என்பது பொருள் நகர்ந்து செல்லும் பரப்பு பொருளின் மீது செலுத்தும் செங்குத்துவிசை.

மேலும் $\mu_k < \mu_s$

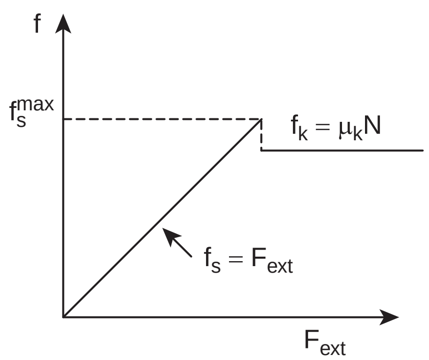
இதிலிருந்து நாம் அறிந்து கொள்வது என்னவெனில் இயங்கும் பொருள் ஒன்றைத் தொடர்ந்து இயங்கவைப்பதைவிட, அப்பொருளின் இயக்கத்தைத் தொடங்குவது கடினமாகும்.

ஓய்வு நிலை உராய்வு மற்றும் இயக்கநிலை உராய்வு ஆகியவற்றின் சிறப்புக்கூறுகள் அட்டவணை 3.2 இல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 3.2 ஓய்வுநிலை உராய்வு மற்றும் இயக்க உராய்வின் சிறப்புக் கூறுகள்

ஓய்வு நிலை உராய்வு	இயக்க உராய்வு
பொருள் நகரத்தொடங்குவதை எதிர்க்கும்	பொருள் நகரும் பரப்பைப் பொருத்து பொருளின் சார்பியக்கத்தை எதிர்க்கும்.
தொடும் பரப்பின் அளவினைச் சார்ந்ததில்லை	தொடும் பரப்பின் அளவினைச் சார்ந்ததில்லை
கொடுக்கப்படும் விசையின் எண் மதிப்பைச் சார்ந்தது	விசையின் எண் மதிப்பைச் சார்ந்ததில்லை
ஓய்வு நிலை உராய்வுக் குணகம் μ_s ஒன்றை ஒன்று தொடும் பரப்பு பொருட்களின் தன்மையை (Nature of materials) சார்ந்திருக்கும்.	இயக்க உராய்வுக் குணகம் μ_k ஒன்றை ஒன்று தொடும் பரப்புகளின் தன்மை மற்றும் பரப்புகளின் வெப்பநிலை ஆகியவற்றைச் சார்ந்திருக்கும்.
சுழியிலிருந்து $\mu_s N$ வரை உள்ள எந்த ஒரு மதிப்பினையும் பெற்றிருக்கும்.	இது எப்பொழுதும் சுழி மதிப்பினைப் பெறாது. மேலும் பொருள் எந்த வேகத்தில் இயங்கினாலும் இதன்மதிப்பு எப்பொதும் $\mu_k N$ க்குச் சமமாகும். (பொருளின் வேகம் $10ms^{-1}$ ஐவிட குறைவாக உள்ளபோது இது பொருந்தும் என்பதை நினைவில் கொள்ளவும்).
$f_s^{max} > f_k$ ஓய்வுநிலை உராய்வு விசையின் பெரும மதிப்பு அதிகமாக இருக்கும்.	இயக்கநிலை உராய்வு விசை குறைவாக இருக்கும்.
$\mu_s > \mu_k$ ஓய்வுநிலை உராய்வுக் குணகம் அதிகமான மதிப்பைப் பெற்றிருக்கும்.	இயக்கநிலை உராய்வுக் குணகம், குறைவான மதிப்பைப் பெற்றிருக்கும்.

பொருளின் மீது செலுத்தப்படும் புறவிசையினைப் பொருத்து ஏற்படும் ஓய்வு நிலை உராய்வுவிசை மற்றும் இயக்கநிலை உராய்வு விசையின் மாறுபாடு வரைபடம் 3.25 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 3.25 புறவிசையினைப் பொருத்து ஓய்வு நிலை உராய்வு விசை மற்றும் இயக்க உராய்வு விசையில் ஏற்படும் மாறுபாடு

படம் 3.25 லிருந்து, ஓய்வு நிலை உராய்வு விசையானது, ஒரு பெரும மதிப்பை அடையும்வரை, வெளிப்புறத்திலிருந்து பொருளின் மீது செலுத்தப்படும் புறவிசையோடு நேர்க்கோட்டுத் தொடர்பில் அதிகரிக்கும். பொருள் இயங்கத் தொடங்கும்போது இயக்கநிலை உராய்வு விசை ஓய்வு நிலை உராய்வு விசையின் பெரும மதிப்பைவிடச் சற்றே குறைவான மதிப்பைப் பெறும். மேலும் இயக்க உராய்வு விசை ஒரு மாறா மதிப்பைப் பெற்றிருப்பதுடன் அது பொருளின் மீது செலுத்தப்படும் வெளிப்புற விசையைச் சார்ந்ததல்ல என்பதை நினைவில் கொள்ளவும்.

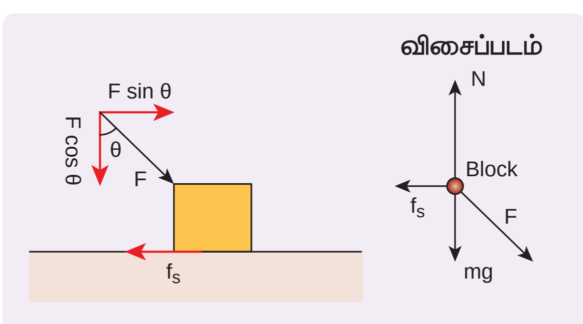
குறிப்பு

ஓய்வு நிலை உராய்வு விசை $f_s = \mu_s N$ ஆனது ஒரு வெக்டர் தொடர்பு அல்ல. ஏனெனில் செங்குத்துவிசை N மற்றும் ஓய்வு நிலை உராய்வு விசை f_s இரண்டும் ஒரேதிசையில் செயல்படாது. மேலும், f_s ன் மதிப்பு செங்குத்து விசையின் μ_s மடங்காக இருப்பினும் இவை இரண்டும் ஒரேதிசையில் செயல்படாது. இக்கருத்து இயக்கநிலை உராய்வு விசை தொடர்பிற்கும் பொருந்தும்.

3.6.4 பொருள் ஒன்றினை நகர்த்த எளிமையான முறை எது? அப்பொருளைத் தள்ளுவதா? அல்லது இழுப்பதா?

பொருள் ஒன்றை சுழி முதல் $\frac{\pi}{2}$ வரையிலான ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்தில் தள்ளும்போது, பொருளின் மீது செலுத்தப்படும் புறவிசையை F பரப்பிற்கு இணையாக F sinθ என்றும் பரப்பிற்குச் செங்குத்தாக F cosθ என்றும் இரு கூறுகளாகப் பிரிக்கலாம். இது படம் 3.26 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. பொருளின் மீது செயல்படும் கீழ்நோக்கிய மொத்த விசை mg+Fcosθ *இது பொருள் மீது செயல்படும் செங்குத்து விசை அதிகரிக்கும் என்பதைக் காட்டுகிறது. இங்கு செங்குத்துத் திசையில் எவ்விதமான முடுக்கமும் இல்லை. எனவே, பொருளின் மீது செயல்படும் செங்குத்துவிசை*

$$N_{push} = mg + F\cos\theta \qquad (3.29)$$



படம் 3.26 பொருளொன்றை θ கோணத்தில் தள்ளுதல்

இதன் விளைவாக ஓய்வு நிலை உராய்வின் பெரும மதிப்பும் பின்வரும் சமன்பாட்டின்படி அதிகரிக்கும்

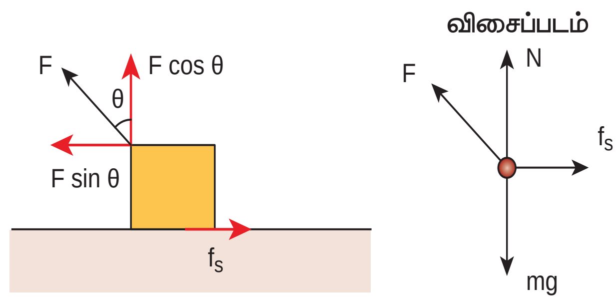
$$f_s^{max} = \mu_s N_{push} = \mu_s\left(mg + F\cos\theta\right) \qquad (3.30)$$

சமன்பாடு (3.30) லிருந்து பொருளைத் தள்ளுவதன் மூலம் நகர்த்துவதற்கு அதிக விசை தேவைப்படும் என்பது புலனாகிறது.

பொருளொன்றை θ கோணத்தில் இழுக்கும்போது, பொருளின் மீது நாம் செலுத்தும் விசையினை படம் 3.27 இல் காட்டியுள்ளபடி இரு கூறுகளாகப் பிரிக்கலம்.

பொருளின் மீதான மொத்த கீழ்நோக்கு விசை

$$N_{pull} = mg - F\cos\theta \qquad (3.31)$$



படம் 3.27 பொருளொன்றை θ கோணத்தில் இழுத்தல்

சமன்பாடு 3.31 லிருந்து பொருள் மீது செயல்படும் செங்குத்து விசை N_{pull} இன் மதிப்பு N_{push} இன் மதிப்பை விட குறைவே என்பதை அறியலாம். எனவே 3.29 மற்றும் 3.31 ஆகியவற்றிலிருந்து ஒரு பொருளை நகர்த்துவதற்குத் தள்ளுவதை விட இழுப்பதே எளிய வழி என்பது புரிகிறது.

3.6.5 உராய்வுக் கோணம்

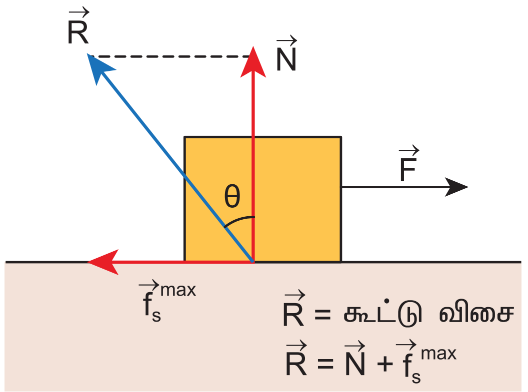
செங்குத்து எதிர் விசை மற்றும் பெரும உராய்வு விசை (f_s^{max}) ஆகிய இரண்டின் தொகுபயனுக்கும் (R) செங்குத்து எதிர்விசை (N) க்கும் இடையேயான கோணம் உராய்வுக் கோணம் எனப்படுகிறது.

படம் 3.28 லிருந்து தொகுபயன் விசை

$$R = \sqrt{\left(f_s^{max}\right)^2 + N^2}$$

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 142 06-01-2022 01:37:25

$$\tan\theta = \frac{f_s^{max}}{N} \qquad (3.32)$$



படம் 3.28 உராய்வுக் கோணம்

உராய்வுத் தொடர்புகளிலிருந்து $f_s^{max} = \mu_s$ N ஆக இருக்கும்போது பொருள் சறுக்கத் துவங்கும் அதனை கீழ்க்காணுமாறும் எழுதலாம்.

$$\frac{f_s^{பெருமம்}}{N} = \mu_s \qquad (3.33)$$

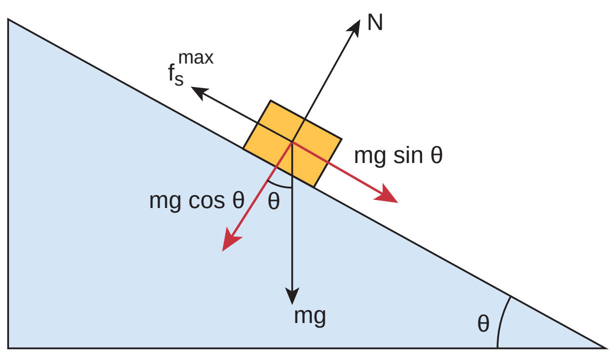
சமன்பாடு (3.32) மற்றும் (3.33) ஆகியவற்றிலிருந்து ஓய்வுநிலை உராய்விற்கான குணகம்

$$\mu_s = tan\theta \qquad (3.34)$$

ஓய்வுநிலை உராய்விற்கான குணகம் உராய்வுக் கோணத்தின் டான்ஜென்ட் (tanθ) மதிப்பிற்குச் சமமாக இருக்கும்.

3.6.6 சறுக்குக்கோணம் (Angle of repose)

படம் 3.29 இல் காட்டியவாறு பொருளொன்று சாய்தளப்பரப்பில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இச்சாய்தளப்பரப்பு கிடைத்தளத்துடன் θ கோணத்தில் உள்ளது. θ வின் சிறிய மதிப்புகளுக்கு சாய்தளத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள பொருள் நகராது. θ வின் மதிப்பை படிப்படியாக உயர்த்தும் போது, ஒரு குறிப்பிட்ட மதிப்பிற்கு, சாய்தளத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள பொருள் நகரத் தொடங்கும். அக்குறிப்பிட்ட கோணமே சறுக்குக்கோணம் எனப்படும். சாய்தளத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ள பொருள், கிடைத்தளப் பரப்புடன் சாய்தளம் ஏற்படுத்தும் எக்கோணத்தில் நகரத் தொடங்குகிறதோ, அக்கோணமே, சறுக்குக்கோணம் எனப்படும்.



படம் 3.29 சறுக்கு கோணம்

பொருளின்மீது செயல்படும் பல்வேறு விசைகளைக் கருதுக. புவியீர்ப்புவிசை mg ஐ இரு கூறுகளாகப் பிரிக்கலாம். சாய்தளப்பரப்பிற்கு இணையான கூறு mg sinθ மற்றும் சாய்தளப்பரப்பிற்கு எதிர் செங்குத்தான கூறு mg cosθ ஆகும்.

சாய்தளப்பரப்பிற்கு இணையாகச் செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசையின் கூறு (mg sinθ) பொருளை கீழ்நோக்கி நகர்த்த முயற்சிக்கும். சாய்தளப்பரப்பிற்கு செங்குத்தாகச் செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசையின் கூறு (mg cosθ), செங்குத்து விசை (N) ஐ சமன் செய்யும்

எனவே $\quad N = mg\cos\theta$

பொருள் நகரத் தொடங்கும் போது, ஓய்வுநிலை உராய்வு விசை

$$f_s = f_s^{max} = \mu_s N = \mu_s mg\cos\theta \qquad (3.35)$$

இந்த ஓய்வுநிலை உராய்வின் பெருமமதிப்பு, பின்வரும் சமன்பாட்டையும் நிறைவு செய்யும்.

$$f_s^{max} = mg\, sin\theta \qquad (3.36)$$

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 143 06-01-2022 01:37:25

சமன்பாடு(3.36) ஐ (3.35) ஆல்வகுக்கக்கிடைப்பது,

$$\mu_s = \sin\theta / \cos\theta = \tan\theta$$

மேலும் உராய்வுக்கோணவரையறையிலிருந்து

$$\tan\theta = \mu_s \quad (3.37)$$

இங்குθ என்பது உராய்வு கோணமாகும்.

எனவே, சறுக்குக்கோணமும் உராய்வுக் கோணமும் ஒன்றுக்கொன்று சமமாகும். ஆனால் இவற்றிற்கிடையேயான வேறுபாடு என்னவெனில், சறுக்குக்கோணத்தை சாய்தளப்பரப்பில் மட்டுமே பயன்படுத்தமுடியும்.ஆனால்உராய்வுக்கோணத்தை எத்தகைய பரப்பிலும் பயன்படுத்தலாம்.

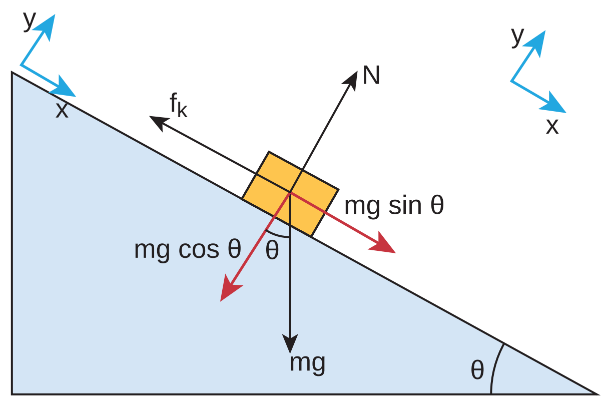
எடுத்துக்காட்டு3.20

கிடைத்தளத்துடன் 60° கோணத்தில் சாய்ந்துள்ள, சாய்தளத்தின்மீது m நிறையுள்ள பொருளொன்று வைக்கப்பட்டுள்ளது. அப்பொருள் $\frac{g}{2}$ என்ற முடுக்கத்துடன் கீழ்நோக்கிச் சறுக்கி சென்றால் அப்பொருளின் இயக்க உராய்வு குணகத்தைக் காண்க.

தீர்வு

பொருள் சாய்தளத்தில் சறுக்கிச் செல்லும்போது இயக்க உராய்வு ஏற்படுகிறது.

பொருளின்மீது கீழ்க்கண்ட விசைகள் செயல்படுகின்றன அவை தளத்திற்கு செங்குத்தாக செயல்படும். செங்குத்து விசை, கீழ்நோக்கிச் செயல்படும் புவியீர்ப்புவிசை மற்றும் தளத்திற்கு இணையாகச் செயல்படும் இயக்க உராய்வு விசை



x அச்சுத்திசையில்

$$mg\sin\theta - f_k = ma$$

ஆனால் a = g / 2

$$mg\sin 60^\circ - f_k = mg/2$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2}mg - f_k = mg/2$$

$$f_k = mg\left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2}\right)$$

$$f_K = \left(\frac{\sqrt{3}-1}{2}\right)mg$$

y– அச்சுத்திசையில் எவ்வித இயக்கமும் இல்லை. எனவே செங்குத்து விசை (N), mg cosθ என்ற கூறினால் சமன் செய்யப்படுகிறது.

$$mg\cos\theta = N = mg/2$$

$$f_K = \mu_K N = \mu_K\, mg/2$$

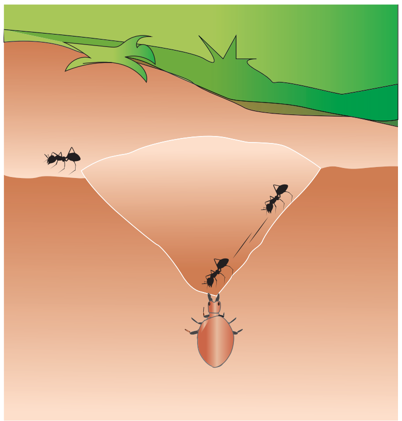
$$\mu_K = \frac{\left(\frac{\sqrt{3}-1}{2}\right)mg}{\frac{mg}{2}}$$

$$\mu_K = \sqrt{3} - 1$$

3.6.7 சறுக்குக் கோணத்தின் பயன்கள்:

1) எறும்புகளை உணவாகக் கொள்ளும் குள்ளாம்பூச்சி (Antlion) எனப்படும் ஒரு வகைப் பூச்சியினம், மணற் பரப்பில் சிறு சிறு குழிகளை ஏற்படுத்தியிருக்கும். அக்குழிக்குள் செல்லும் எறும்பு போன்றவை குழிக்குள் சறுக்கி விழும். அவற்றால் தப்பிச் செல்ல முடியாது. குழியின் அடியில் காத்திருக்கும் குள்ளாம்பூச்சி, எறும்பினை உட்கொள்ளும். குழிகளின் சாய்கோணம் சறுக்குக் கோணத்திற்குச் சமமாக இருக்கும்படி குழிகள் உருவாக்கப்பட்டிருப்பதை படம் 3.30 இல் காணலாம்.

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 144 06-01-2022 01:37:28



படம் 3.30 குள்ளாம் பூச்சிகளினால் (antlions) உருவாக்கப்பட்டிருக்கும் மணற்குழிகள்

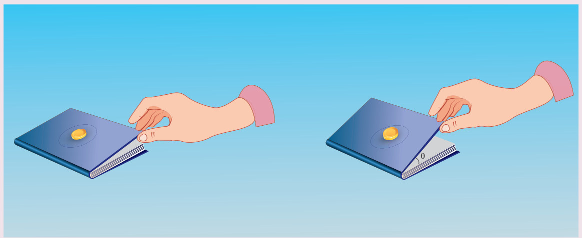
2) குழந்தைகள் ஆர்வமுடன் விளையாடும் சறுக்குமர விளையாட்டு படம் 3.31 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. சறுக்கு மரத்தின் சாய்கோணம், அதன் சறுக்குக் கோணத்தை விட அதிகமாக உள்ளபோது சறுக்கி விளையாடுவது சுலபமாகும். அதே நேரத்தில் சறுக்குக்கோணம் மிகவும் அதிகமாக இருந்தால், சறுக்கி விளையாடும் குழந்தை மிக அதிக வேகத்துடன் அடிப்பரப்பை அடையும் இது குழந்தைகளுக்கு உடல் வலியை ஏற்படுத்திவிடும்.

படம் 3.31 சறுக்குமரம்

செய்து கற்க

உராய்வுக் குணகத்தை அளவிடல்

கெட்டியான அட்டையிலான நோட்டுப் புத்தகம் ஒன்றை எடுத்துக் கொள்ளவும். ஒரு நாணயத்தை அதன் அட்டையின்மீது வைக்கவும். படத்தில் உள்ளவாறு அட்டை கிடைத்தளத்துடன் ஏற்படுத்தும் சாய்கோணத்தை படிப்படியாக உயர்த்தவும். சாய்கோணம் சறுக்குக் கோணத்திற்கு சமமாகும்போது, புவியீர்ப்பு விசையின் கிடைத்தளத் கூறு $(mg \sin\theta)$ உராய்வுவிசையை சமன்செய்து விடும். எனவே நாணயம் நழுவிச் செல்லத் தொடங்கும். இந்நிலையில் சாய்கோணத்தை அளவிட்டு அதன் டேன்ஜண்ட் $(\tan\theta)$ மதிப்பினை கண்டறிந்தால் அம்மதிப்பு அட்டைப் பரப்பு மற்றும் நாணயம் இவற்றிற்கிடையேயான ஓய்வுநிலை உராய்வுக் குணகத்தைக் கொடுக்கும். இதே சோதனையை பல்வேறு பொருட்களுக்கு அதாவது அழிக்கும் இரப்பர் போன்ற பொருட்களுக்கு செய்து பார்த்து ஒவ்வொரு நேர்விலும் எவ்வாறு ஓய்வுநிலை உராய்வுக் குணகம் வேறுபடுகிறது என்பதை அட்டவணைப்படுத்தவும்.



குறிப்பு

பொருள் சறுக்கிச் செல்லத் தொடங்கும் புள்ளியில், $\tan\theta_s = \mu_s$

இயக்க உராய்வுக் குணகத்தைக் கண்டறிய, பொருள் நழுவிச் செல்லத் தொடங்கிய பின்னர், படிப்படியாக சாய்கோணத்தை குறைக்கலாம், எக்கோணத்திற்கு நாணயம், அழிப்பான் போன்ற பொருட்கள் மாறா திசைவேகத்தில் செல்கிறதோ, அக்கோணத்தின் டேன்ஜண்ட் மதிப்பு இயக்கஉராய்வுக் குணகத்தைக் கொடுக்கும்.

இயக்கஉராய்வு விசையை பின்வரும் சமன்பாட்டிலிருந்து கணக்கிடலாம். $\mu_k = \tan\theta_k$

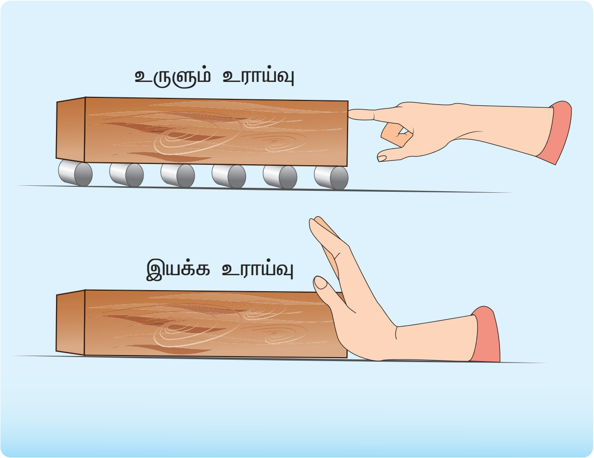
மேற்கண்ட ஆய்விலிருந்து $\theta_k < \theta_s$ என்பதை அறியலாம்.

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 145 06-01-2022 01:37:29

3.6.8 உருளும் உராய்வு (Rolling friction)

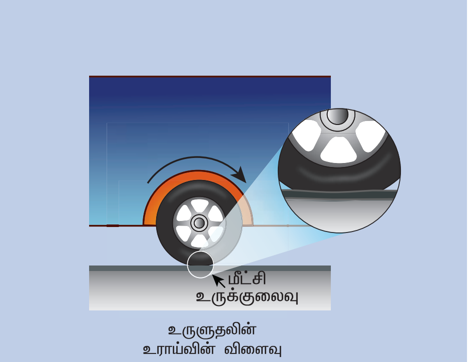
மனித நாகரிக வளர்ச்சியில், சக்கரத்தின் பங்கு மகத்தானது. பயணப் பெட்டிகளின் (Suitcases) அடியில் சக்கரங்களைப் பொருத்தி அவற்றை சுமந்து செல்லாமல் இழுத்துச் செல்வதை (Rolling Suitcase) நாம் அன்றாட வாழ்வில் பார்க்கிறோம். பொருளொன்று பரப்பில் இயங்குகிறது எனில் அடிப்படையில் அப்பொருள் பரப்பில் சறுக்கிச் செல்கிறது. ஆனால் சக்கரங்கள் உருளுவதன் மூலம் பரப்பில் இயங்குகின்றன.

சக்கரம் பரப்பில் இயங்கும்போது, சக்கரத்தின் எப்புள்ளி பரப்பைத் தொடுகிறதோ, அப்புள்ளி எப்பொழுதும் ஓய்வுநிலையில் இருக்கும். அதாவது, சக்கரத்திற்கும், பரப்பிற்கும் இடையே எவ்விதமான சார்பியக்கமும் இல்லை. எனவே உராய்வு விசையும் மிகக்குறைவு. அதே நேரத்தில் பொருளொன்று பரப்பின்மீது சக்கரங்கள் இன்றி செல்லும்போது, பொருளுக்கும் பரப்பிற்கும் இடையே ஒரு சார்பியக்கம் ஏற்படுகிறது. இதன் விளைவாக அதிக உராய்வு விசை ஏற்படுகிறது. இதனால் பொருளினை நகர்த்துவது கடினமாகும். படம் 3.32 உருளுதலின் உராய்விற்கும், இயக்க உராய்விற்கும் உள்ள வேறுபாட்டைச் சுட்டிக் காட்டுகிறது.



படம் 3.32 உருளுதலின் உராய்வு மற்றும் இயக்க உராய்வு

சறுக்கலற்ற உருளும் இயக்கத்தில் பரப்பினைத் தொடும்புள்ளி ஓய்வுநிலையில் இருப்பது இலட்சிய நிலையில் மட்டுமே சாத்தியமாகும். ஆனால் நடைமுறையில் அவ்வாறு இருப்பதில்லை. பொருட்களின் நெகிழ்வுத் தன்மை (elastic) காரணமாக தரையைத் தொடும்புள்ளி சற்றே தரையில் அழுத்தி மிகக்குறைவான உராய்வினை ஏற்படுத்துகிறது. இது படம் 3.33 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. எனவே வாகனத்தின் சக்கரத்திற்கும், சாலையின் பரப்பிற்குமிடையே உராய்வுவிசை ஏற்படுகிறது. இவ்வுராய்வு, இயக்க உராய்வை விட மிகவும் வலிமை குறைந்தது ஆகும்.



படம் 3.33 உருளுதலின் உராய்வு

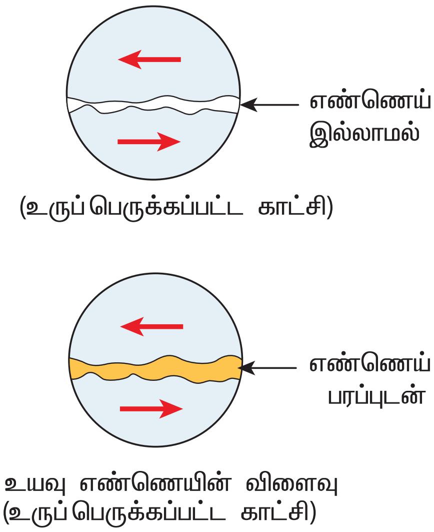
3.6.9 உராய்வைக் குறைக்கும் முறைகள்:

உராய்வு நடைமுறை வாழ்க்கையில் நன்மை, தீமை இரண்டையும் ஏற்படுத்துகிறது. சில சூழ்நிலைகளில் உராய்வு மிகவும் அவசியமானதாகும். உராய்வின் காரணமாகத்தான் நம்மால் நடக்க முடிகிறது. வாகனங்களின் சக்கரங்களுக்கும், சாலையின் பரப்பிற்கும் இடையே ஏற்படும் உராய்வு விசையின் காரணமாகத்தான் வாகனங்களால் இயங்கமுடிகிறது.

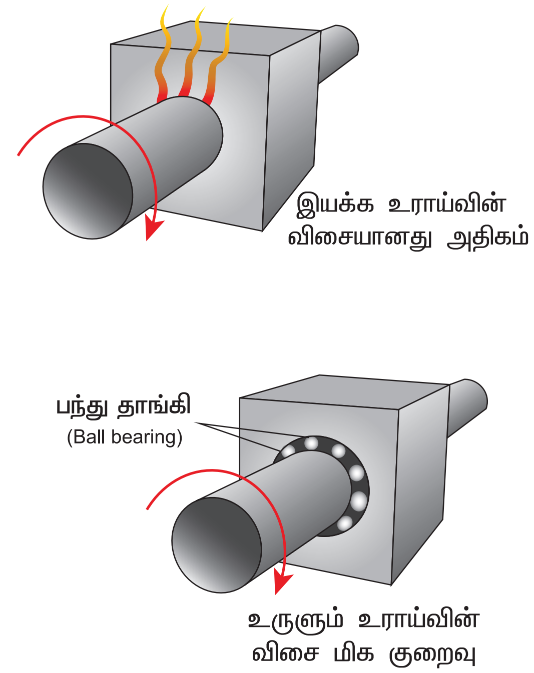
சக்கரத்தடை அமைப்புகளில் (braking systems) உராய்வு மிக முக்கியப் பங்காற்றுகிறது. நாம் முற்பகுதியில் கற்றவாறு இரண்டு பரப்புகளுக்கு இடையே சார்பியக்கம் நிகழும்போது அங்கு உராய்வு விசை ஏற்படுகிறது.

தொழிற்சாலைகளில் உள்ள கனரக இயந்திரங்களின் பரப்புகள் ஒன்றுடன் ஒன்று சார்பியக்கத்தில் உள்ளபோது உராய்வு ஏற்பட்டு வெப்ப வடிவில் ஆற்றல் இழக்கப்படுகிறது. இதனால் கனரக இயந்திரங்களின் செயல் திறன் குறைந்து விடுகிறது. இவ்வாறு ஏற்படும் இயக்க உராய்வினை குறைப்பதற்காக உயவு எண்ணெய்கள் (lubricants) எவ்வாறு பயன்படுகின்றன என்பதை படம் 3.34 விளக்குகிறது.

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 146 06-01-2022 01:37:32



படம் 3.34 உயவு எண்ணெயைப் பயன்படுத்தி இயக்க உராய்வினைக் குறைத்தல்



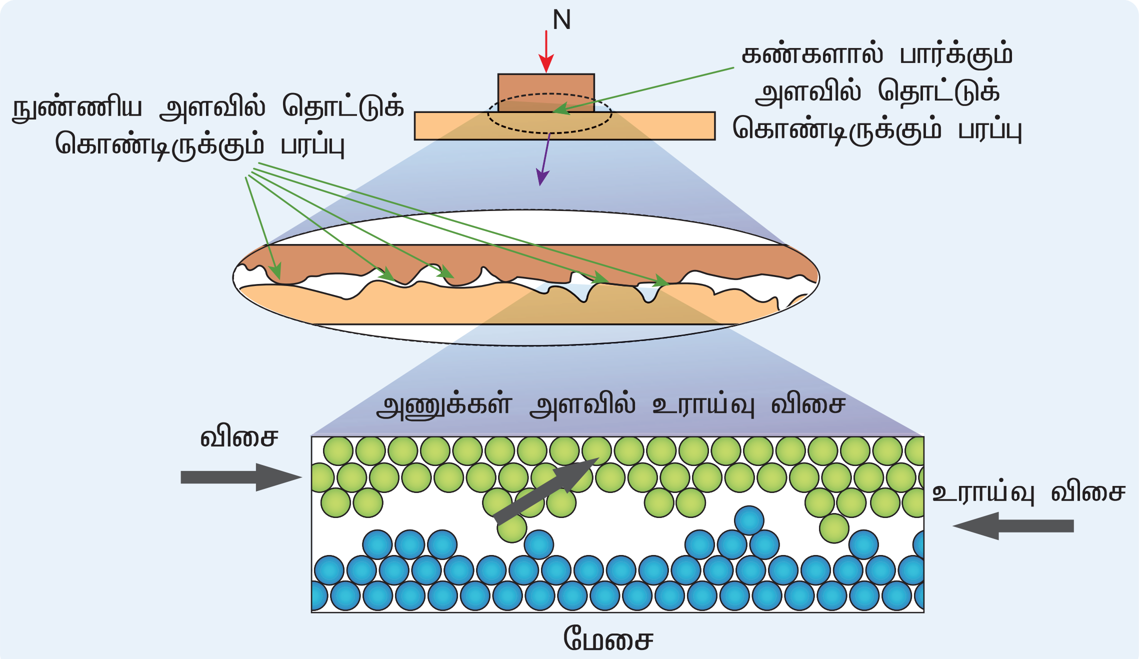
படம் 3.35 பந்து தாங்கி அமைப்பைப் பயன்படுத்தி இயக்க உராய்வைக் குறைத்தல்

பந்து தாங்கி அமைப்பு (Ball bearings) இயந்திரங்களில் இயக்க உராய்வைக் குறைப்பதில் பெரும்பங்காற்றுகின்றன. இது படம் 3.35 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இரண்டு பரப்புகளுக்கு நடுவே பந்து தாங்கி அமைப்பைப் பொருத்துவதன் மூலமாக இரண்டுபரப்புகளின் சார்பியக்கம் நடைபெறும் நேர்வுகளில் இயக்க உராய்வினை முழுவதுமாக தடுத்து உருளுதலின் உராய்வு மட்டுமே பந்து தாங்கி அமைப்பினால் ஏற்படுகிறது. நாம் முற்பகுதியில் கற்றவாறு உருளுதலின் உராய்வு, இயக்க உராய்வை விட மிகக் குறைவு. எனவே இயந்திரங்களின் தேய்மானத்தைக் குறைத்து பந்து உருளை அமைப்பு அவற்றை நீண்ட காலத்திற்கு இயங்க வைக்கிறது.

நியூட்டன் மற்றும் கலிலியோ வாழ்ந்த காலகட்டத்தில் உராய்வு விசையானது, புவியீர்ப்பு விசை போன்றதொரு இயற்கை விசை என்று நம்பப்பட்டது. ஆனால் இருபதாம் நூற்றாண்டில், அணுக்கள், எலக்ட்ரான்கள் மற்றும் புரோட்டான்கள் போன்றவற்றைப் பற்றிய அறிவு, உராய்வு விசை பற்றிய புரிதலை மாற்றியமைத்தது. உராய்வு விசையானது உண்மையில் சார்பியக்கத்திலுள்ள இரண்டு பரப்புகளின் அணுக்களுக்கிடையேயான மின்காந்தவிசையாகும். நன்குவழுவழுப்பாக்கப்பட்ட பரப்புகளும் மீநுண்ணளவில் (microscopic level) மேடு பள்ளங்களைப் பெற்றுள்ளன. இதனை படம் 3.36 விளக்குகிறது.

காரணம்கூறு

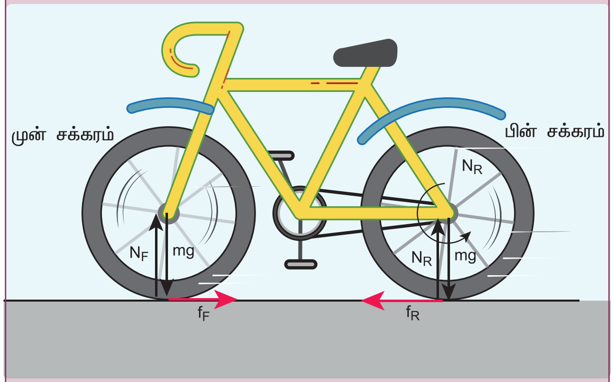
ஈரமான, சலவைக்கல் பதிக்கப்பட்ட (tiled floor) பரப்பில் நடக்கும்போது நாம் வழுக்கி விழுவதற்கு அதிகமான வாய்ப்புள்ளது. ஏன்அவ்வாறு வழுக்குகிறது? காரணம் கூறுக.



படம் 3.36 உருப்பெருக்கப்பட்ட படத்தில் தளங்களின் சீரற்ற தன்மை

மிதிவண்டி இயக்கத்தில் உராய்வு விசை:

மிதிவண்டி முன்னோக்கிச் செல்லும்போது, அதன் முன் சக்கரம் மற்றும் பின்சக்கரங்களின் உராய்வு விசையின் திசையினைக் காண்க?



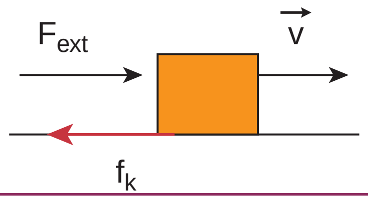
மிதி வண்டியினை இயக்கும் போது மிதி கட்டைகளின் மூலம் (pedal) பரப்பினைப் பின்னோக்கித் தள்ள முயற்சிக்கிறோம். எனவே பின்சக்கரத்தின் சாலையைத் தொடும்புள்ளி ஒரு பின்னோக்குத் திசைவேகத்தைப் பெறும். இதற்கு எதிராக உராய்வு விசை செயல்பட்டு பின்சக்கரத்தை முன்னோக்கித் தள்ளுகிறது.

முன் சக்கரம் மிதிவண்டியில் உறுதியாகப் பொருத்தப் பட்டிருப்பதால், பின்சக்கரம் முன் சக்கரத்தை முன்னோக்கித் தள்ளுகிறது. அதனால் உராய்வு விசையானது முன்சக்கரத்தை பின்னோக்கித் தள்ள முயற்சிக்கிறது. இரண்டு சக்கரங்களிலும் செயல்படும் உராய்வுவிசை இயக்க உராய்வு விசை அல்ல. அவை நிலை உராய்வு விசைதான் என்பதைக் கவனத்தில் கொள்ள வேண்டும். சக்கரங்கள் சுழலாமல் சறுக்கிச் செல்லும்போது தான் இயக்க உராய்வு விசை ஏற்படும்.

மிதிவண்டியின் சக்கரங்களில் ஏற்படும் நிலை உராய்வுடன் கூடுதலாகப் பின்னோக்கிய திசையில் உருளுதலின் உராய்வும் ஏற்படுகிறது.

எடுத்துக்காட்டு 3.21

பொருளொன்று மாறாத் திசைவேகத்தில் கிடைத்தளப் பரப்பில் இயங்குகின்றது எனக் கருதுக. வெளிப் புறவிசை அப்பொருளின் மீது செயல்பட்டு அதனை மாறாத் திசைவேகத்தில் இயக்கினால், அப்பொருளின் மீது செயல்படும் தொகுபயன் விசையின் மதிப்பு என்ன?



UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 148 06-01-2022 01:37:33

தீர்வு

பொருள் மாறாத் திசைவேகத்தில் இயங்கும்போது அப்பொருளின் முடுக்கம் சுழி. நியூட்டனின் இரண்டாம் விதிப்படி பொருளின்மீது எவ்விதமான தொகுபயன் விசையும் செயல்படவில்லை. வெளிப்புற விசையானது இயக்க உராய்வினால் சமன் செய்யப்படுகிறது.

குறிப்பு

இங்கு பொருளின்மீது எந்த விசையும் செயல்படவில்லை என்று கருதக் கூடாது. உண்மையில் பொருளின்மீது இரண்டு விசைகள் செயல்படுகின்றன; அவை இரண்டும் ஒன்றை ஒன்று சமன் செய்வதால், பொருளின்மீது செயல்படும் தொகுபயன் விசை சுழி.

3.7 வட்ட இயக்கத்தின் இயக்க விசையியல்

முற்பகுதியில் நியூட்டனின் விதிகளைப் பயன்படுத்தி பொருட்களின் நேர்க்கோட்டு இயக்கத்தை எவ்வாறு பகுப்பாய்வு செய்வது என்று அறிந்து கொண்டோம். இதே போன்று நியூட்டனின் விதிகளை வட்டஇயக்கத்திற்கு எவ்வாறு பயன்படுத்துவது என்று அறிந்து கொள்வதும் அவசியமாகும்.

ஏனெனில்வட்டஇயக்கம்நம்வாழ்க்கையில்தவிர்க்க முடியாத ஒன்றாகும். புறவிசை செயல்பட்டாலும் அல்லது செயல்படாவிட்டாலும் ஒரு பொருளானது நேர்க்கோட்டு இயக்கத்தை மேற்கொள்ளலாம். ஆனால் பொருளின்மீது விசை செயல்பட்டால் மட்டுமே வட்ட இயக்கம் சாத்தியமாகும். வட்ட இயக்கத்திற்கு நியூட்டனின் முதல் விதி என்ற ஒன்று இல்லை. அதாவது பொருளின்மீது விசை செயல்படாமல் அப்பொருளினால் வட்ட இயக்கத்தை மேற்கொள்ள இயலாது. பொருளின்மீது செயல்படும் விசை அப்பொருளின் திசைவேகத்தை மூன்று வழிகளில் மாற்றியமைக்கும்.

1) திசைவேகத்தின் திசையை மாற்றாமலேயே அதன் எண்மதிப்பை மட்டும் மாற்றுவது. இந்நிகழ்வில் துகள் ஒரே திசையில் முடுக்கத்துடன் இயங்கும்.

எடுத்துக் காட்டுகள்

செங்குத்தாகக் கீழே விழும் பொருள், முடுக்கத்துடன் நேரான சாலையில் செல்லும் வாகனம்

2) திசைவேகத்தின் எண்மதிப்பை (வேகம்) மாற்றாமல் அதன் திசையை மட்டும் மாற்றுவது. இவ்வாறு இயங்கும் இயக்கதை நாம் சீரான வட்ட இயக்கம் என்று அழைக்கிறோம்.

3) திசைவேகத்தின் எண்மதிப்பு (வேகம்) மற்றும் திசை இவ்விரண்டிலும் மாற்றம் ஏற்பட்டால் வட்டமற்ற இயக்கம் ஏற்படும் (Non circular motion) எடுத்துக்காட்டுகள்

ஊஞ்சல், தனி ஊசல், நீள் வட்டப்பாதையில் சூரியனைச் சுற்றி வரும் கோள்களின் இயக்கம் போன்றவை.

இப்பிரிவில் சீரான வட்ட இயக்கம் மற்றும் சீரற்ற வட்ட இயக்கங்களைப் பற்றி அறியலாம்.

3.7.1 மையநோக்கு விசை

துகளொன்று சீரான வட்டப்பாதையில் சுற்றி வரும்போது வட்டமையத்தை நோக்கி வட்டப்பாதையின் ஆரம் வழியாக மையநோக்கு முடுக்கம் ஏற்படும். நியூட்டனின் இரண்டாம் விதிப்படி முடுக்கம் ஏற்பட்டால் நிலைமக் குறிப்பாயத்தைப் பொருத்து துகளின்மீது ஒரு விசை செயல்பட வேண்டும். அவ்வாறு துகளின் மீது செயல்படும் விசையே மையநோக்கு விசை எனப்படும்.

அலகு2இல்நாம்கற்றபடி,வட்டப்பாதையில்இயங்கும் துகளின் மீது செயல்படும் மையநோக்கு முடுக்கம் $a = \frac{v^2}{r}$ ஆகும். இம்முடுக்கம் வட்டமையத்தை நோக்கிச் செயல்படுகிறது. நியூட்டனின் இரண்டாம் விதிப்படி, மையநோக்கு விசை

$$F_{cp} = ma_{cp} = \frac{mv^2}{r}$$

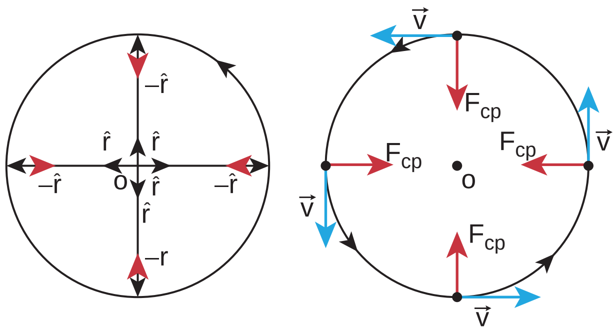
இங்கு மையநோக்கு விசை என்பதன் பொருள், துகள் வட்டப்பாதையில் எங்கு இருப்பினும் அதன் முடுக்கம் எப்போதும் மையத்தை நோக்கியே இருக்கும் என்பதைக் குறிக்கிறது.

வெக்டர் குறியீட்டின் படி $\vec{F}_{cp} = -\frac{mv^2}{r}\hat{r}$

சீரான வட்ட இயக்கத்திற்கு $\vec{F}_{cp} = -m\omega^2 r\,\hat{r}$

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 149 06-01-2022 01:37:34

இங்கு $-\hat{r}$ இன் திசை வட்ட மையத்தை நோக்கிக் குறிக்கிறது. மேலும் இதுவே மையநோக்கு விசையின் திசையைக் குறிக்கிறது. இதுபடம் 3.38 இல் தெளிவாக குறிப்பிட்டுக் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 3.38 மையநோக்குவிசை

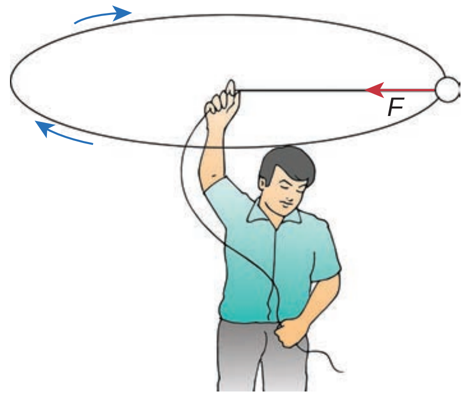
மையநோக்குவிசை, புவியீர்ப்பு விசை அல்லது சுருள்வில் விசை போன்ற ஒரு இயற்கை விசையல்ல என்பதை இங்கு கவனிக்க வேண்டும். மையத்தை நோக்கிச் செயல்படும் ஒரு விசை என்றே அழைக்கப்படுகிறது. புவியீர்ப்பு விசை, கயிற்றின் இழுவிசை, உராய்வு விசை, கூலும் விசை போன்ற ஏதேனும் ஒரு விசையே மையநோக்கு விசையாகச் செயல்படுகிறது.

1) மெல்லிய கயிற்றின் ஒரு முனையில் கட்டி சுழற்றப்படும் கல்லின் இயக்கத்தில், கயிற்றின் இழுவிசையே மையநோக்கு விசையாகச் செயல்படுகிறது. பொழுதுபோக்குப் பூங்காக்களில் இயக்கப்படும் இராட்டினம் போன்ற சுழற்சி இயக்கத்தில், இராட்டினத்தைத் தாங்கும் இரும்புக் கம்பிகளின் இழுவிசை மையநோக்கு விசையை அளிக்கிறது.

2) புவியினைச் சுற்றி வரும் செயற்கைக் கோளின் இயக்கத்தில், புவி, செயற்கைக் கோளின் மீது செலுத்தும் புவியீர்ப்பு விசையே மையநோக்கு விசையாகச் செயல்படுகிறது. செயற்கைக்கோள் இயக்கத்திற்கு நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியை கீழ்காணுமாறு எழுதலாம்

$$F = \text{புவிஈர்ப்பு விசை} = \frac{mv^2}{r}$$

இங்கு r என்பது புவியின் மையத்திலிருந்து செயற்கைக்கோள் உள்ள தொலைவு

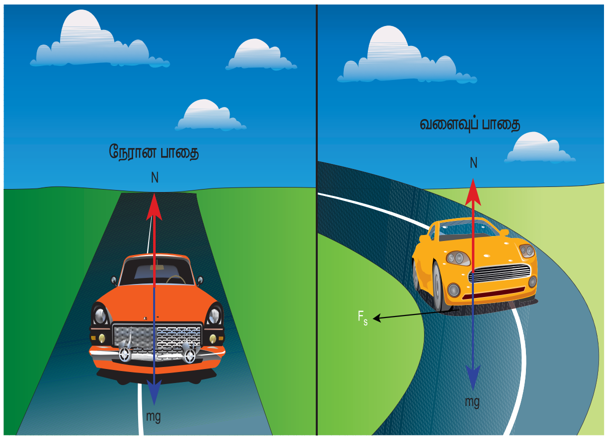


படம் 3.39 சுழல் இயக்கப் பொருள்கள்

m – என்பதுசெயற்கைக்கோளின் நிறை

v – என்பதுசெயற்கைக் கோளின் வேகம்

3) கார் ஒன்று வட்டவடிவப்பாதையில் செல்லும்போது, மையநோக்கு விசையானது காரின் டயருக்கும், சாலைக்கும் இடையே ஏற்படும் உராய்வு விசையினால் ஏற்படுகிறது.



படம் 3.40 வட்ட வடிவப்பாதையில் செல்லும் கார்

இந்நிகழ்விற்கான நியூட்டன் இரண்டாம் விதியை கீழ்க்காணுமாறு எழுதலாம்

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 150 06-01-2022 01:37:37

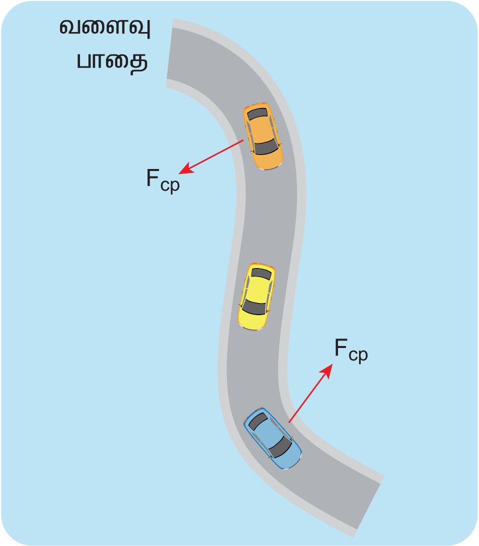
உராய்வு விசை = $\frac{mv^2}{r}$

m– என்பது காரின் நிறை

v– என்பது காரின் வேகம்

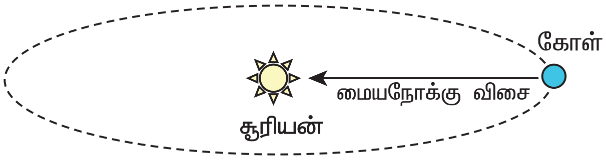
r– என்பது பாதையின் வளைவு ஆரம்.

கார்வளைவுப் பாதையில் செல்லும் போதும், மையநோக்கு விசையைப் பெறுகிறது. காரின் டயருக்கும், சாலைக்கும் இடையே ஏற்படும் உராய்வு விசையினால் இம்மையநோக்கு விசை ஏற்படுகிறது. இது படம் 3.41 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 3.41 காரின் டயருக்கும், சாலைக்கும் இடையே ஏற்படும் உராய்வு விசையினால் ஏற்படும் மையநோக்கு விசை

4) கோள்கள் சூரியனைச் சுற்றி வரும்போது, அவை சூரியனின் மையத்தை நோக்கிய, ஒரு மையநோக்கு விசையைப் பெறுகின்றன. இங்கு கோள்களின் மீதான சூரியனின் ஈர்ப்பு விசை, மையநோக்கு விசையாகச் செயல்படுகிறது. இது படம் 3.42 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 3.42 சூரியனின் ஈர்ப்பு விசையினால் சூரியனைச் சுற்றிவரும் கோளின் மீது ஏற்படும் மையநோக்கு விசை

இந்நிகழ்விற்கான நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியை பின்வருமாறு எழுதலாம்

கோள்களின் மீது சூரியனின் ஈர்ப்புவிசை = $\frac{mv^2}{r}$

எடுத்துக்காட்டு3.22

0.25 kg நிறையுடைய கல் ஒன்று கயிற்றின் முனையில் கட்டப்பட்டு $2\ m\ s^{-1}$ வேகத்தில் 3 m ஆரமுடைய சீரானவட்ட இயக்கத்தை மேற்கொள்கிறது. கல்லின் மீது செயல்படும் இழுவிசையினைக் கண்டுபிடி

தீர்வு: $F_{CP} = \frac{mv^2}{r}$

$$F_{cp} = \frac{\frac{1}{4}\times(2)^2}{3} = 0.333\ \text{N}.$$

எடுத்துக்காட்டு3.23

நிலா, புவியினை வட்டப்பாதைக்கு ஒத்த ஒரு பாதையில் 27.3 நாட்களில் முழுமையாகச் சுற்றி வருகிறது. புவியின் ஆரம் 6.4×10^6 m எனில் நிலாவின் மீது செயல்படும் மையநோக்கு முடுக்கத்தைக் காண்க.

தீர்வு

மையநோக்குமுடுக்கம் $a = \frac{v^2}{r}$. இச் சமன்பாடு வெளிப்படையாகவே நிலவின் வேகத்தைச் சார்ந்தது. இந்த வேகத்தை கணக்கிடுவது சற்றுக் கடினமாகும். எனவே நாம் பின்வரும் சமன்பாட்டினைப் பயன்படுத்தலாம்.

$$\omega^2 R_m = a_m$$

இங்கு a_m என்பது புவியின் ஈர்ப்பு விசையினால், நிலா பெறும் மைய நோக்கு முடுக்கமாகும்.

ω என்பது கோணத் திசைவேகம்

R_m என்பது புவியிலிருந்து நிலா வரை உள்ள தொலைவு. இது புவியின் ஆரத்தைப் போன்று 60 மடங்காகும்.

$$R_m = 60R = 60 \times 6.4 \times 10^6 = 384 \times 10^6\ m$$

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 151 06-01-2022 01:37:39

நாமறிந்த படி கோணத் திசைவேகம் $\omega = \frac{2\pi}{T}$

மேலும் T = 27.3 நாட்கள் $= 27.3 \times 24 \times 60 \times 60$

$= 2.358 \times 10^6 s$

இம்மதிப்புகளை முடுக்கச் சமன்பாட்டில் பிரதியிடும் போது $a_m = \omega^2 R_m$

$$= \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R_m$$

$$= \frac{4\pi^2}{T^2} R_m$$

$$a_m = \frac{(4\pi^2)(384 \times 10^6)}{(2.358 \times 10^6)^2} = 0.00272 \text{ m s}^{-2}$$

புவியை நோக்கி நிலாவின் மையநோக்கு முடுக்கம் 0.00272 m s^{-2}

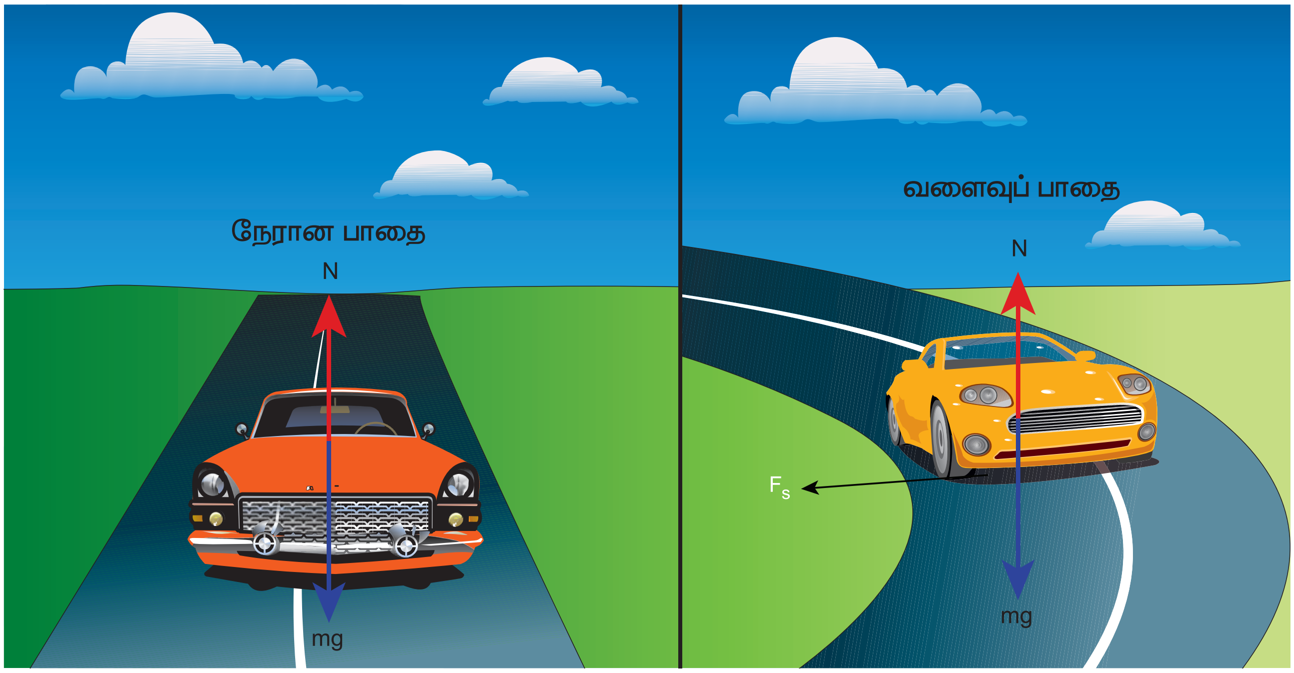
குறிப்பு இந்தக் கணக்கீடு நியூட்டனாலேயே செய்யப்பட்டதாகும். இம்முடிவினை நாம் பிற்பகுதியில் கற்கவுள்ள அலகு 6 இல் பயன்படுத்துவோம்.

3.7.2 சரி சமமான வட்டச் சாலையில் செல்லும் வாகனம்

வாகனமொன்று வளைவுப்பாதையில் செல்லும் போது, அவ்வாகனத்தின் மீது மையநோக்கு விசை செயல்படுகிறது. வாகனத்தின் டயர் மற்றும் சாலையின் மேற்பரப்பு இவற்றிற்கிடையேயான உராய்வு விசையின் காரணமாக இம்மையநோக்குவிசை ஏற்படுகிறது. m நிறையுடைய வாகனமொன்று r ஆரமுடைய வட்டவடிவப் பாதையில் v வேகத்தில் இயங்குகிறது எனில், அவ்வாகனத்தின் மீது மூன்று விசைகள் செயல்படுகின்றன. அவை படம் 3.43 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

1) கீழ்நோக்கிச் செயல்படும் புவிஈர்ப்புவிசை (mg)
2) மேல்நோக்கிச் செயல்படும் செங்குத்துவிசை N
3) சாலையின் கிடைத்தளப் பரப்பின் வழியே உள்நோக்கிச் செயல்படும் உராய்வு விசை (F_s)

சாலை கிடைத்தளமாக இருப்பின், செங்குத்து விசையும், புவியீர்ப்பு விசையும் ஒன்றுக்கொன்று சமம் மற்றும் எதிரெதிராக இருக்கும். வாகனத்தின் டயருக்கும், சாலையின் பரப்பிற்கும் இடையே ஏற்படும் உராய்வு விசை தேவையான மையநோக்கு விசையை அளிக்கிறது. இம்மையநோக்கு விசை வட்டச்சாலையின் மையத்தை நோக்கிச் செயல்படுகிறது.



படம் 3.43 சரி சமமான வட்டப்பாதையில் செல்லும் வாகனத்தின் மீது செயல்படும் விசைகள்

நாம் முற்பகுதியில் கற்றபடி, நிலை உராய்வுவிசை சுழி முதல் பெரும மதிப்பு விசை வரை எந்த மதிப்பையும் பெறலாம். எனவே

இங்கு இரண்டு நிபந்தனைகள் சாத்தியமாகிறது:

a) வாகனம் சறுக்காமல் வளைவதற்கான

நிபந்தனை $\frac{mv^2}{r} \leq \mu_s mg$,

அல்லது $\mu_s \geq \frac{v^2}{rg}$ அல்லது $\sqrt{\mu_s rg} \geq v$

(பாதுகாப்பாக வளைதல்)

வளைவுச்சாலையில், வாகனம் வளைவதற்குத் தேவையான மையநோக்கு விசையை நிலை உராய்வு கொடுக்கிறது. எனவே வாகனத்தின் டயர் மற்றும் சாலையின் பரப்பு இவற்றிற்கிடையேயான நிலை உராய்வுக் குணகம் வாகனம் சறுக்காமல் வளைவுப்பாதையில் வளைவதற்கான பெருமவேகத்தை நிர்ணயிக்கிறது.

b) வாகனம் சறுக்குவதற்கான நிபந்தனை

$\frac{mv^2}{r} > \mu_s mg$, அல்லது $\mu_s < \frac{v^2}{rg}$ (சறுக்குதல்)

வாகனம் வளைவதற்குத் தேவையான மையநோக்கு விசையை நிலை உராய்வுவிசையினால் கொடுக்க இயலவில்லை எனில், வாகனம் சறுக்கத் தொடங்கும்.

எடுத்துக்காட்டு3.24

ஆரம் 10 m மற்றும் நிலை உராய்வுக் குணகம் 0.81 கொண்ட சரிசமமான வட்டவடிவச் சாலை ஒன்றைக் கருதுக. அச்சாலையில் மூன்று கார்கள் (A,B மற்றும் C) முறையே 7 m s^{-1}, 8 m s^{-1} , 10 m s^{-1} வேகத்தில் செல்கின்றன. இவற்றுள் எந்த கார் வட்ட வடிவச்சாலையில் செல்லும் போது சறுக்கி விழும்? ($g = 10\ m\ s^{-2}$)

தீர்வு

சரி சமமான வட்டச்சாலையில் செல்லும் வாகனம் சறுக்காமல் இருக்கத் தேவையான நிபந்தனை, வாகனத்தின் வேகம் (v) இன் மதிப்பு $\sqrt{\mu_s rg}$ ஐ விடக் குறைவாகவோ அல்லது சமமாகவோ இருக்க வேண்டும்.

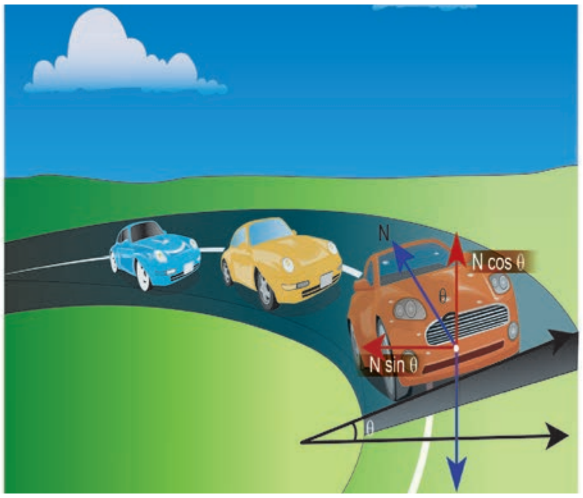
$$v \leq \sqrt{\mu_s rg}$$

$$\sqrt{\mu_s rg} = \sqrt{0.81 \times 10 \times 10} = 9\, m s^{-1}$$

C காரினைப் பொருத்தவரை $\sqrt{\mu_s rg}$ இன் மதிப்பு காரின் வேகம் v ஐ விடக் குறைவு. கார் A மற்றும் B இரண்டும் பாதுகாப்பாக வளையும், ஆனால் கார் C இன் வேகம், நிர்ணயிக்கப்பட்ட வேகத்தை விட ($\sqrt{\mu_s rg}$) அதிகமாக உள்ளதால் அது சறுக்கி விடும்.

3.7.3 வெளிவிளிம்பு உயர்த்தப்பட்ட சாலை

சரிசமமான வட்டச் சாலையில், வாகனங்கள் சறுக்கி விபத்துக்குள்ளாவது, சாலைப் பரப்பின் நிலை உராய்வு குணகத்தை சார்ந்திருக்கிறது. இந்த நிலை உராய்வுக் குணகத்தின் பெரும மதிப்பு பரப்பின் தன்மையைச் சார்ந்ததாகும். இதன் காரணமாக வாகனங்களுக்கு ஏற்படும் விபத்தினைத் தடுப்பதற்காகச் சாலையின் வெளிவிளிம்பு உட்புற விளிம்பை விட சற்றே உயர்த்தி அமைக்கப்பட்டிருக்கும். இதற்கு வெளிவிளிம்பு உயர்த்தப்பட்ட சாலை (banking of tracks) என்று பெயர். வெளிவிளிம்பு உயர்த்தப்பட்டிருப்பதால் இது ஒரு சாய்தளம் போன்று அமையும். கிடைத்தளப் பரப்புடன் இந்தச் சாய்தளம் ஏற்படுத்தும் கோணம் வெளி விளிம்புக் கோணம் (banking angle) எனப்படும்.



படம் 3.44 வாகனங்கள் சறுக்குவதைத் தவிர்ப்பதற்காக வெளிவிளிம்பு சற்றே உயர்த்தப்பட்டிருக்கும் சாலை

கிடைத்தளத்துடன் θ கோணத்தில் உள்ள சாலையின் பரப்பைக் கருதுக. செங்குத்துவிசை, செங்குத்து அச்சுடன் இதே θ கோணத்தை ஏற்படுத்தும். இச்சாலையில் செல்லும் கார் ஒன்று வளையும்போது அதன் மீது இரண்டு விசைகள் செயல்படும்.

அ) கீழ்நோக்கிச் செயல்படும் புவியீர்ப்பு விசை (mg)

ஆ) சாலையின் பரப்பிற்குச் செங்குத்தாகச் செயல்படும் செங்குத்து விசை (N)

செங்குத்து விசை N ஐ இரண்டு கூறுகளாகப் பிரிக்கலாம். இவை $N\cos\theta$ மற்றும் $N\sin\theta$ ஆகும். இவை படம் 3.44 இல் காட்டப்பட்டுள்ளன. $N\cos\theta$ கூறு, கீழ்நோக்கிச் செயல்படும் புவியிர்ப்பு விசையை (mg) சமன் செய்கிறது. $N\sin\theta$ கூறு தேவையான மையநோக்கு விசையைக் கொடுக்கிறது.

நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியைப் பயன்படுத்தி பின்வரும் சமன்பாடுகளை அமைக்கலாம்

$$N\cos\theta = mg$$

$$N\sin\theta = \frac{mv^2}{r}$$

இவ்விரு சமன்பாடுகளையும் வகுக்கும் போது

$\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$ எனக் கிடைக்கும்

$$v = \sqrt{rg\tan\theta}$$

வெளி விளிம்புக் கோணம் மற்றும் சாலையின் வளைவு ஆரம் (r) இவ்விரண்டும் வளைவுச் சாலையில் பாதுகாப்பாக வாகனங்களை இயக்க வேண்டிய வேகத்தைத் (v) தீர்மானிக்கின்றன. வாகனம் ஒன்றின் வேகம் நிர்ணயிக்கப்பட்ட வேகத்தைவிட அதிக வேகத்தில் செல்லும் போது சாலையின் வெளிப்புறத்தை நோக்கி சறுக்கத் தொடங்கும். ஆனால் உராய்வு விசை செயல்பட்டு கூடுதல் மையநோக்கு விசையினைக் கொடுத்து வெளிப்புறச் சறுக்குதலைத் தடுக்கும். அதே நேரத்தில் காரின் வேகம் நிர்ணயிக்கப்பட்ட வேகத்தை விட குறைவாக இருப்பின் கார் உட்புறத்தை நோக்கி நகரத் தொடங்கும். உராய்வு விசை செயல்பட்டு மையநோக்கு விசையைக் குறைத்து உட்புறத்தை நோக்கி சறுக்குவதைத் தடுக்கும். இருப்பினும் காரின் வேகம் மிக அதிகம் எனில் உராய்வு விசையினால் கார் சறுக்குவதைத் தடுக்க முடியாது.

எடுத்துக்காட்டு3.25

20 m ஆரமுடைய வட்டச்சாலையைக் கருதுக. அதன் வெளிவிளிம்புக் கோணம் 15° என்க. அச்சாலையில் செல்லும் வாகனம் நழுவி விழாமல் பாதுகாப்பாக வளைவதற்குத் தேவையான வேகத்தைக் காண்க.

தீர்வு

$$v = \sqrt{(rg\tan\theta)} = \sqrt{20\times 9.8\times \tan 15^\circ}$$

$$= \sqrt{20\times 9.8\times 0.26} = 7.1\ \mathrm{m\ s^{-1}}$$

சறுக்கி விழாமல் பாதுகாப்பாக வளைவதற்குத் தேவையான வேகம் = 7.1 m s^{-1}

3.7.4 மையவிலக்கு விசை

வட்ட இயக்கத்தை இருவேறு குறிப்பாயங்களைப் பொருத்து ஆய்வு செய்யலாம். அவற்றுள் ஒன்று நிலைமக் குறிப்பாயமாகும். இக்குறிப்பாயம் ஓய்வுநிலை அல்லது சீரான இயக்கநிலை இவற்றுள் ஏதேனும் ஒரு நிலையில் இருக்கும். இங்கு இயக்கத்தில் உள்ள பொருட்கள் நியூட்டனின் இயக்க விதிகளுக்குக் கட்டுப்பட்டு இயங்கும். மற்றொரு குறிப்பாயம் முடுக்கமடைகின்ற, நிலைமமற்ற குறிப்பாயமான சுழற்சிக் குறிப்பாயமாகும் (rotational frames). வட்ட இயக்கத்தினை இவ்விரு குறிப்பாயங்களைப் பொருத்து வெவ்வேறு கண்ணோட்டத்தில் ஆய்வு செய்யலாம். சுழற்சிக் குறிப்பாயத்தில் நியூட்டனின் முதல் விதி மற்றும் இரண்டாம் விதியைப் பயன்படுத்தும் போது ஒரு போலியான விசையை (Pseudo force) சேர்த்துக் கருத வேண்டும். இந்தப் போலியான விசையே மையவிலக்கு விசையாகும். இத்தகைய மையவிலக்கு விசை சுழற்சிக் குறிப்பாயத்தைப் பொருத்து பொருளின் மீது செயல்படும். மையவிலக்கு விசையினைப் புரிந்து கொள்ள கீழ்க்கண்ட விளக்கம் பெரிதும் துணை புரியும்.

மெல்லிய கயிற்றின் ஒரு முனையில் கட்டப்பட்டு சுழற்சி இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் கல் ஒன்றைக் கருதுவோம். ஓய்வுநிலையிலுள்ள நிலைமக் குறிப்பாயத்தைப் பொருத்து கல்லின் கோணத் திசைவேகம் ω என்க. ω கோணத் திசைவேகத்தில் கல்லுடன் சேர்ந்து சுழற்சி இயக்கத்திலுள்ள

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 154 06-01-2022 01:37:44

மற்றொரு குறிப்பாயத்திலிருந்து கல்லினைப் பார்க்கும்போது அக்கல் ஓய்வுநிலையில் இருப்பது போன்று தோன்றும்.

சுழற்சிக் குறிப்பாயத்தைப் பொருத்து, வட்டமையத்தை நோக்கிச் செயல்படும் மையநோக்கு விசையான $-m\omega^2 r$ உடன், அதற்குச் சமமான எதிர்திசையில் வெளிநோக்கிச் செயல்படும் $+m\omega^2 r$ என்ற விசை கல்லின் மீது செயல்படுகிறது. எனவே சுழற்சி இயக்கத்திலுள்ள குறிப்பாயத்தைப் பொருத்து கல்லின் மீது செயல்படும் தொகுபயன் விசை சுழியாகும் என்பதை இது காட்டுகிறது. $(-m\omega^2 r + m\omega^2 r = 0)$ இங்கு வெளிநோக்கிச் செயல்படும் $+m\omega^2 r$ விசைக்கு மையவிலக்கு விசை என்று பெயர்.

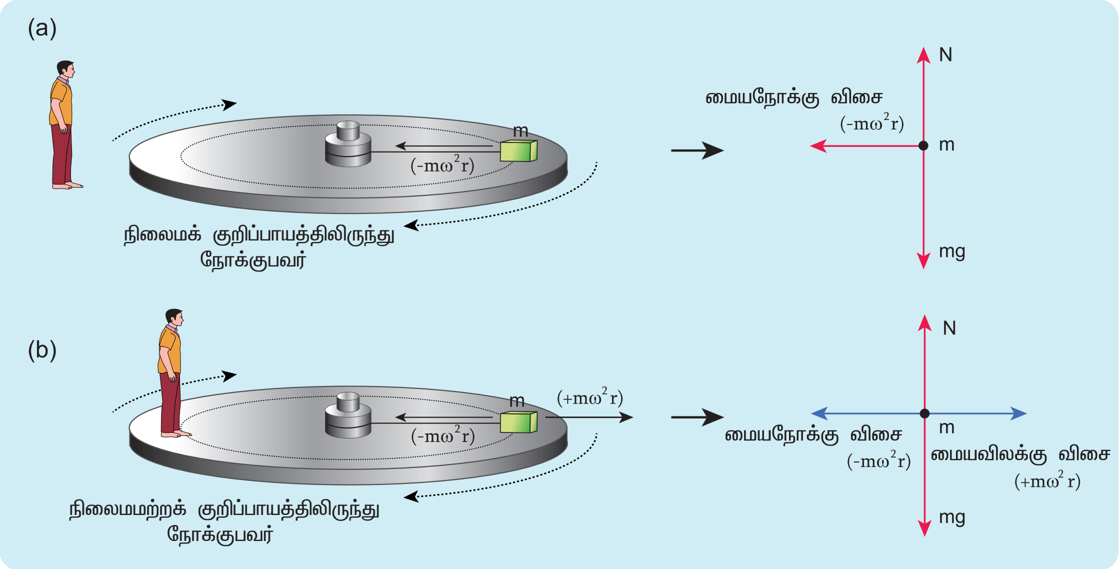
மையவிலக்கு என்பதன் பொருள் மையத்தை விட்டு வெளிநோக்கிச் செயல்படுவது என்பதாகும். சுழற்சிக் குறிப்பாயத்தைப் பொருத்து கல்லின் சுழற்சி இயக்கத்தை ஆய்வு செய்யும்போது மட்டும் மையவிலக்கு விசை கல்லின் மீது செயல்படுவதாகத் தோன்றும். இக்காரணத்தினால் தான் மையவிலக்கு விசையை ஒரு போலியான விசை என்று அழைக்கிறோம். இப்போலியான விசை எந்த மூலத்திலிருந்தும் தோன்றுவதில்லை (It has no origin). இங்கு போலி விசை தோன்றுவதற்கான காரணம், நாம் கருதும் சுழற்சி குறிப்பாயம் ஒரு நிலைமமற்ற குறிப்பாயம் என்பதாலே ஆகும்.

நிலைமக் குறிப்பாயத்தைப் பொருத்து கல்லின் சுழற்சி இயக்கத்தை ஆய்வு செய்யும்போது மையநோக்கு விசை மட்டுமே செயல்படும். இம்மையநோக்கு விசை கல் கட்டப்பட்டிருக்கும் மெல்லிய கயிற்றின் இழுவிசையால் பெறப்படுகிறது. சுழற்சி குறிப்பாயத்தை பொருத்து சுழற்சி இயக்கக் கணக்குகளைத் தீர்வு செய்ய வரையப்படும் தனித்த பொருளின் விசைப்படங்களில் படம் 3.45 இல் உள்ளவாறு மையவிலக்கு விசை கண்டிப்பாகக் காட்டப்பட வேண்டும்.

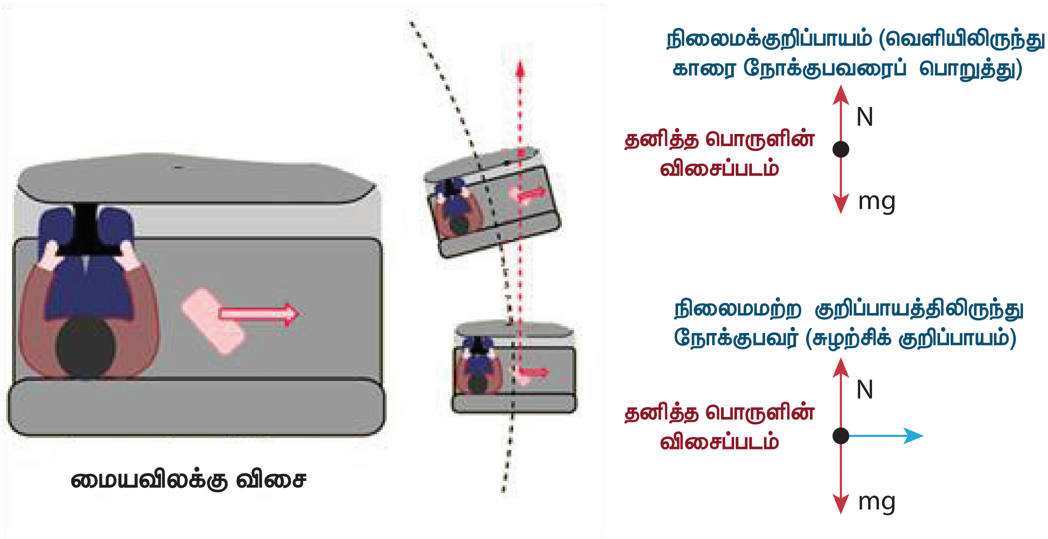
3.7.5 மைய விலக்கு விசையின் விளைவுகள்

மையவிலக்கு விசை ஒரு போலியான விசையாக இருப்பினும் அதன் விளைவுகள் உண்மையாகும். கார் ஒன்று வளைவுப்பாதையில் திரும்பும்போது, காரின் உள்ளே அமர்ந்திருப்பவர் ஒரு வெளிப்புறவிசையை உணர்வார். அவ்விசை அவரை வெளிநோக்கித் தள்ளும். இவ்வெளிநோக்கிய விசையையும் மையவிலக்கு விசை என்றே அழைக்கலாம். காரின் இருக்கைக்கும், அமர்ந்திருக்கும் நபருக்கும் இடையே உள்ள போதுமான உராய்வுவிசை இருந்தால் அவர் வெளியே தள்ளப்படுவது தவிர்க்கப் படுகிறது.

நேர்க்கோட்டுப் பாதையில் சென்று கொண்டிருக்கும் கார் ஒன்று திடீரென்று தன்பாதையிலிருந்து வளையும்போது, காரின் உள்ளே நிலையாகப் பொருத்தப்படாத பொருள், திசையில் நிலைமப் பண்பின் (Inertia of direction) காரணமாக நேர்க்கோட்டுப் பாதையிலேயே தொடர்ந்து இயங்க முயற்சிக்கும்.



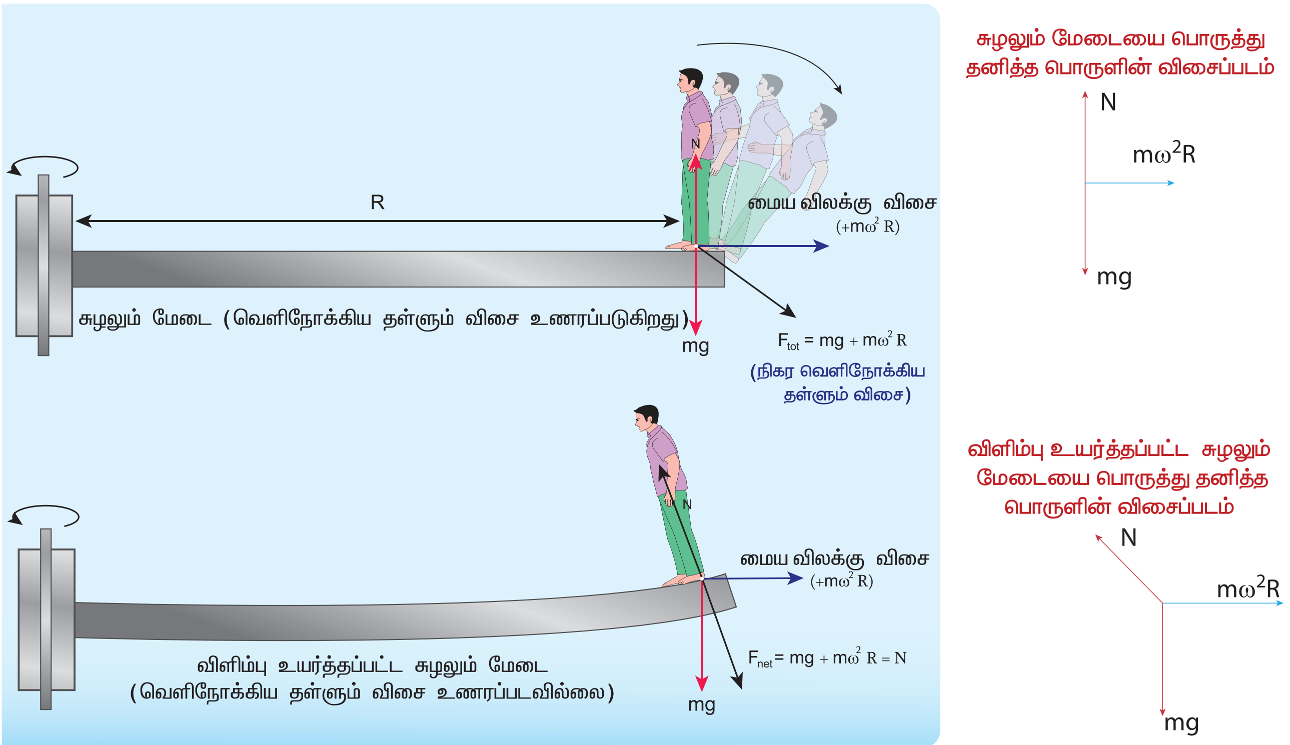
படம் 3.45 மையவிலக்கு விசையுடன் வரையப்பட்ட தனித்த பொருளின் விசைப்படம்



படம் 3.46 மைய விலக்கு விசையின் விளைவு

இவ்வியக்கத்தை நிலைமக் குறிப்பாயத்திலிருந்து பார்க்கும் போது படம் 3.46 இல் காட்டியுள்ளவாறு நேர்கோட்டு இயக்கமாகத் தெரியும். ஆனால் சுழற்சிக் குறிப்பாயத்திலிருந்து பார்க்கும்போது இயக்கம் வெளிநோக்கிச் செல்வது போன்று தோன்றும்.

சுழலும் மேடையில் நின்று கொண்டிருக்கும் நபர் வெளிப்புற மையவிலக்கு விசையை உணர்வார். இதன் காரணமாக மேடையிலிருந்து அவர் வெளியே தள்ளப்பட வாய்ப்பு அதிகம். நின்று கொண்டிருக்கும் நபருக்கும், மேடைக்குமான உராய்வுவிசை வெளிநோக்கித் தள்ளப்படும் விசையினைச் சமன் செய்யப் போதுமானதல்ல. இதனைத் தவிர்ப்பதற்காக மேடையின் வெளிப்புற விளிம்பு சற்றே மேல்நோக்கி உயர்த்தப்பட்டிருக்கும். இவ் உயர்வு நின்று கொண்டிருக்கும் நபரின் மீது ஒரு செங்குத்து விசையைச் செலுத்தி அவர் வெளியே விழுவதைத் தடுக்கும். இது படம் 3.47 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 3.47 சுழலும் மேடையில் ஏற்படும் மையவிலக்கு விசை

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 156 06-01-2022 01:37:46

எச்சரிக்கை

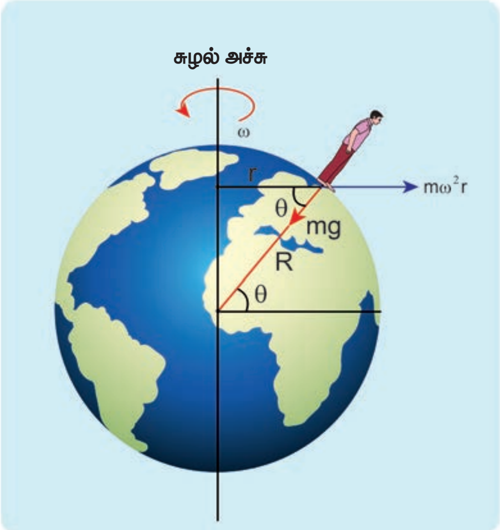
பேருந்தில் பயணம் செய்யும்போது திறந்திருக்கும் கதவு அல்லது படிக்கட்டில் நின்று கொண்டு பயணம் செய்வது மிகவும் ஆபத்தானது. பேருந்து வளைவுப்பாதையில் திடீரென்று வளையும் போது மையவிலக்கு விசையின் காரணமாக நின்று கொண்டிருக்கும் நபர் வெளிநோக்கித் தள்ளப்படலாம். மையவிலக்கு விசை ஒரு போலியான விசையாக இருப்பினும் அதன் விளைவுகள் உண்மையாகும்.

3.7.6 புவியின் சுழற்சியால் ஏற்படும் மையவிலக்கு விசை

புவியினை ஒரு நிலைமக் குறிப்பாயமாகக் கருதினாலும் உண்மையில் அவ்வாறு இல்லை. புவி ω என்ற கோணத் திசைவேகத்தில் தன் அச்சினைப் பொருத்து தன்னைத்தானே சுற்றி வருகிறது. புவிப்பரப்பிலுள்ள எந்த ஒரு பொருளும் (சுழற்சிக் குறிப்பாயத்தில் உள்ள பொருள்)மையவிலக்கு விசையை உணரும். இம்மையவிலக்கு விசை சுழல் அச்சிலிருந்து மிகச் சரியாக எதிர் திசையில் செயல்படுவதாகத் தோன்றும். இது படம் 3.48 இல் காட்டப்பட்டுள்ளது

புவிப்பரப்பில் நின்று கொண்டிருக்கும் மனிதரின் மையவிலக்கு விசை $F_{cf} = m\omega^2 r$

இங்கு r என்பது சுழல் அச்சிற்கும் மனிதனுக்கும் இடையே உள்ள செங்குத்துத் தொலைவு. படம் 3.48 இல் காட்டப்பட்டுள்ள செங்கோண



படம் 3.48 புவிப்பரப்பில் உள்ள மனிதர்கள் மீது செயல்படும் மையவிலக்கு விசை

முக்கோணத்திலிருந்து தொலைவு r = R cosθ. இங்கு R என்பது புவியின் ஆரம்.

மேலும் θ என்பது மனிதன் நின்று கொண்டிருக்கும் புள்ளியில் புவியின் குறுக்குக் கோடு (latitude) ஆகும்.

எடுத்துக்காட்டு 3.26

சென்னையிலுள்ள 60 kg நிறையுடைய மனிதரின் மீது செயல்படும் மையவிலக்கு விசையைக் காண்க

(கொடுக்கப்பட்டவை: சென்னையில் குறுக்குக் கோடு $\theta = 13°$)

தீர்வு

மையவிலக்கு விசை $F_{cf} = m\omega^2 R\cos\theta$

புவியின் கோணத் திசைவேகம் $(\omega) = \dfrac{2\pi}{T}$

இங்கு T என்பது புவியின் அலைவு நேரம் (24 மணிநேரம்)

$$\omega = \frac{2\pi}{24 \times 60 \times 60} = \frac{2\pi}{86400}$$
$$= 7.268 \times 10^{-5}\, rad\ sec^{-1}$$

புவியின் ஆரம் R = 6400 km = 6400×10^3 m

சென்னையின் குறுக்கு கோடு (Latitude) = 13°

$$F_{cf} = 60 \times (7.268 \times 10^{-5})^2 \times 6400 \times 10^3$$
$$\times \cos(13°) = 1.9678\ N$$

60 kg நிறையுடைய மனிதரொருவர் உணரும் மையவிலக்குவிசை தோராயமாக 2 நியூட்டனாகும். ஆனால் புவியின் ஈர்ப்பு விசையின் காரணமாக 60 kg நிறையுடைய அம்மனிதர் உணரும் விசை = mg = 60 × 9.8 = 588 N. இந்த விசைமையவிலக்கு விசையை விட மிக அதிகம்.

3.7.7 மையநோக்கு விசை மற்றும் மையவிலக்கு விசை – ஓர் ஒப்பீடு:

மையநோக்கு விசை மற்றும் மையவிலக்கு விசை ஆகியவற்றின் சிறப்புக் கூறுகள் அட்டவணை 3.4 இல் ஒப்பிட்டுக் காட்டப்பட்டுள்ளன.

அட்டவணை 3.4 மையநோக்கு விசை மற்றும் மையவிலக்கு விசை இவற்றின் சிறப்புக் கூறுகள்

மையநோக்குவிசை	மையவிலக்குவிசை
புவியீர்ப்புவிசை, கம்பியின் இழுவிசை, செங்குத்துவிசை போன்ற புறவிசைகளினால் பொருளின் மீது செலுத்தப்படும் உண்மை விசையாகும்	இது போலியான அல்லது பொய்யான விசையாகும். இவ்விசை புவியீர்ப்பு விசை, கம்பியின் இழுவிசை, செங்குத்து விசை போன்ற புறவிசைகளினால் தோன்றாது.
நிலைம மற்றும் நிலைம மற்ற குறிப்பாயங்கள், இரண்டிலும் இவ்விசை செயல்படும்	நிலைமமற்ற சுழலும் குறிப்பாயங்களில் மட்டுமே இவ்விசை செயல்படும்
சுழல் அச்சினை நோக்கிச் செயல்படும் வட்டப்பாதை இயக்கத்தில் வட்டத்தின் மையத்தை நோக்கி செயல்படும்.	சுழல் அச்சிலிருந்து வெளிநோக்கிச் செயல்படும். மேலும் வட்ட இயக்கத்தில் வட்டமையத்திலிருந்து ஆரத்தின் வழியே வெளிநோக்கிச் செயல்படும்.
$\left\|F_{cp}\right\| = m\omega^2 r = \dfrac{mv^2}{r}$	$\left\|F_{cf}\right\| = m\omega^2 r = \dfrac{mv^2}{r}$
இது ஒரு உண்மையான விசை. இதன் விளைவுகளும் உண்மையானவை	இது ஒரு போலிவிசை. ஆனால் இதன் விளைவுகள் உண்மையானவை.
இரண்டு பொருட்களுக்கிடையேயான உறவே (interaction) மையநோக்கு விசைக்கு அடிப்படையாக அமைகிறது	ஒரு பொருளின் நிலைமத் தன்மையே (inertial property) மையவிலக்கு விசைக்கு அடிப்படையாக அமைகிறது. இவ்விசை பொருட்களுக்கிடையேயான உறவால் (interaction) தோன்றாது. நிலைமக் குறிப்பாயம் ஒன்றில் இயங்கும் பொருளின் நிலைம இயக்கம் தான், சுழற்சிக் குறிப்பாயத்தில் மையவிலக்கு விசையாகத் தோன்றுகிறது.
நிலைமக் குறிப்பாயத்தில் தனித்தபொருளின் விசைப்படம் வரையும்போது, மையநோக்கு விசையை குறிப்பிட வேண்டும்.	நிலைமக் குறிப்பாயத்தில் மையவிலக்கு விசை இல்லை சுழலும் குறிப்பாயத்தில், மையநோக்கு விசை மற்றும் மையவிலக்குவிசை இரண்டையும் தனித்த பொருளின் விசைப்படத்தில் குறிப்பிட வேண்டும்.

பாடச்சுருக்கம்

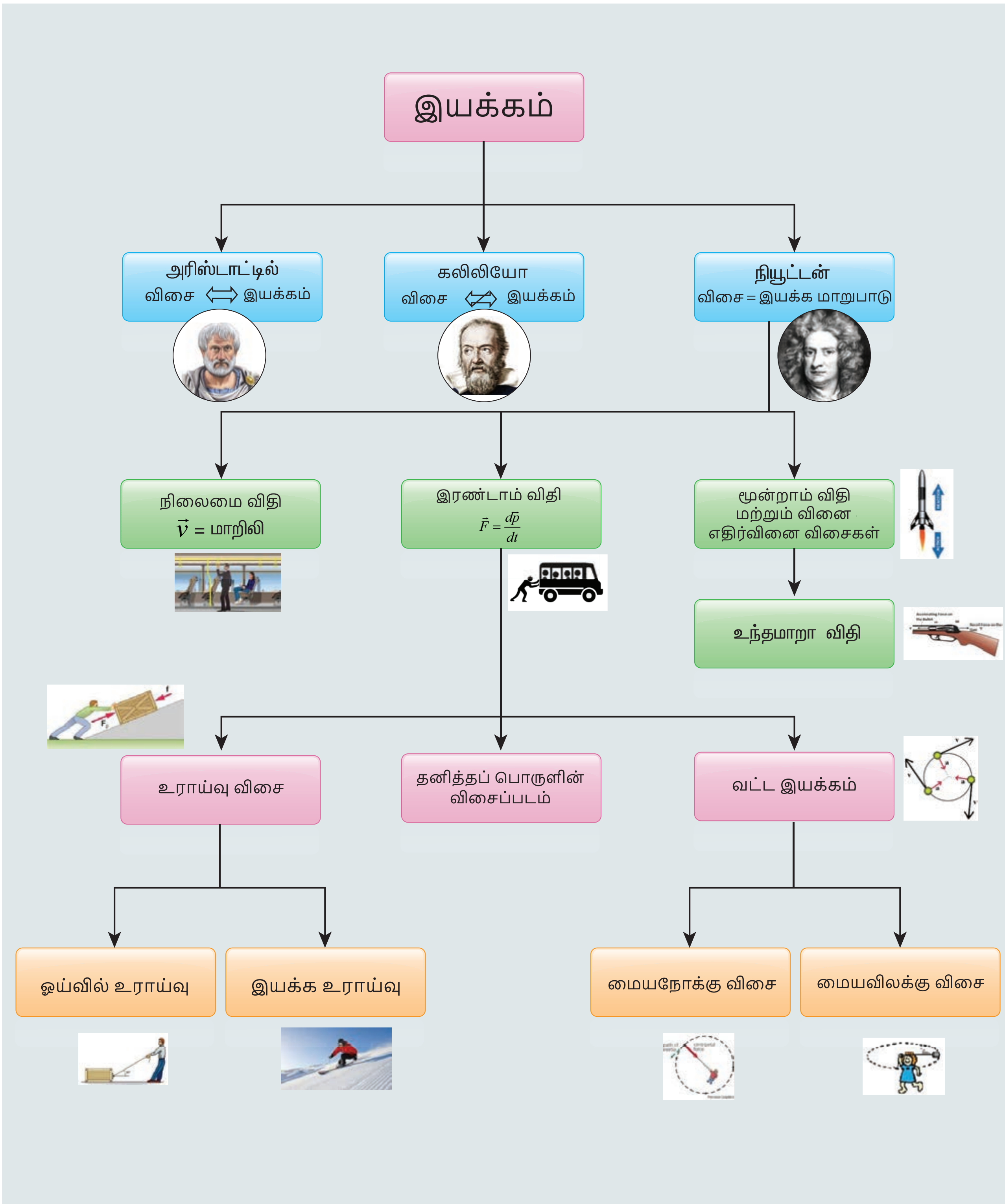
- இயக்கம் பற்றிய அரிஸ்டாட்டிலின் கூற்று: பொருள் தொடர்ந்து இயங்க ஒரு விசை தேவைப்படுகிறது.
- இயக்கம் பற்றிய கலிலியோவின் கூற்று : பொருள் தொடர்ந்து இயங்கவிசை தேவையில்லை
- நிறை என்பது ஒரு பொருளின் நிலைமத்தின் அளவாகும்.
- நியூட்டனின் முதல் விதிப்படி, புறவிசை ஒன்று பொருளின் மீது செயல்படாதவரை அப்பொருள் தன் நிலையிலேயேத் தொடர்ந்து இருக்கும்.
- நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியின்படி, பொருளின் உந்தத்தினை மாற்ற, அப்பொருளின் மீது ஒரு புறவிசை ஒன்று செயல்படவேண்டும்.

- கணிதவியல் படி $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$ என இதனை வரையறுக்கலாம்.
- நியூட்டனின் முதல் விதி மற்றும் இரண்டாம் விதி நிலைமக் குறிப்பாயங்களுக்கு மட்டுமே பொருந்தும்
- நிலைமக் குறிப்பாயத்தில் இயங்கும் பொருளின்மீது புறவிசை ஒன்று செயல்படாதவரை, அப்பொருள் மாறாத் திசைவேகத்தில் இயங்கும்.
- நியூட்டனின் மூன்றாம் விதியின்படி, ஒவ்வொரு விசைக்கும் அதற்குச் சமமான, எதிர்த்திசையில் செயல்படும் ஒரு எதிர் விசை உண்டு இந்த இணைவிசைகளுக்கு செயல்மற்றும் எதிர்ச் செயல் இணை (action and reaction pair) என்றுபெயர்.
- தனித்த பொருளின் விசைப்படம் வரையும் போது பின்பற்ற வேண்டிய வழிமுறைகள்
  - விசைப்படம் வரைய வேண்டிய பொருளை மற்ற பொருட்களிலிருந்து தனிமைப் படுத்த வேண்டும். மேலும் அப்பொருளின் மீது செயல்படும் விசைகளைக் கண்டறிய வேண்டும்.
  - அந்தப்பொருள், மற்ற பொருட்களின் மீது செலுத்தும் விசையை எடுத்துக் கொள்ளக்கூடாது.
  - ஒவ்வொரு விசையின் திசையையும் தொடர்புடைய எண்மதிப்புடன் குறிப்பிட்டுக் காட்ட வேண்டும்.
  - ஒவ்வொரு திசையிலும் நியூட்டனின் இரண்டாம் விதியைப் பயன்படுத்த வேண்டும்.
- அமைப்பின் மீது எவ்வித புறவிசையும் செயல்படவில்லை எனில், அமைப்பின் மொத்த உந்தம் ஒரு மாறா வெக்டராகும்.
- அமைப்பில் செயல்படும் அக விசைகள், அமைப்பின் மொத்த உந்தத்தை மாற்றாது.
- லாமி தேற்றத்தின்படி ஒரு தள விசைகள் பொருளின் மீது செயல்பட்டு, அப்பொருளை சமநிலையில் வைக்கும்போது, ஒவ்வொரு விசை மற்றும் தொடர்புடைய எதிர் கோணத்தின் சைன் மதிப்பு இவற்றின் தகவு ஒன்றுக் கொன்று சமமாகும்.
- பொருளின் மீது செயல்படும் கணத்தாக்கு விசை அப்பொருளின் உந்தமாற்றத்திற்கு சமமாகும். மிகக் குறைந்த நேரத்தில் பொருளின்மீது செயல்படும் விசையைக் கணக்கிட இயலாது. ஆனால் கணத்தாக்கு விசையைக் கணக்கிடலாம்.
- ஓய்வுநிலை உராய்வு என்பது ஓய்வுநிலையிலிருந்து பொருள் நகர்வதை எப்பொழுதும் எதிர்க்கும். இதன் மதிப்பு சுழியிலிருந்து $\mu_s N$ வரை உள்ள எந்த மதிப்பையும் பெறலாம். $\mu_s N$ ஐ விட அதிக வெளிப்புற விசை பொருளின் மீது செயல்பட்டால், பொருள் நகரத் தொடங்கும்.
- பொருள் நகரத் தொடங்கிய உடன் பொருளின் மீது இயக்க உராய்வு செயல்படத் தொடங்கும். அப்பொருள் மாறாத் திசைவேகத்தில் இயங்க வேண்டுமானால், பொருளின் மீது வெளிப்புறவிசை செயல்பட்டு இயக்க உராய்வினை சமன் செய்ய வேண்டும். இயக்க உராய்வு $\mu_k N$ ஆகும்.

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 159 06-01-2022 01:37:48

- ஓய்வுநிலை உராய்வு மற்றும் இயக்க உராய்வை விட உருளுதலின் உராய்வின் மதிப்பு குறைவு. இதன் காரணமாகத்தான் கனமான பொருட்களை நகர்த்துவதற்கு அதன் அடியில் உருளும் கட்டைகளைப் பொருத்துகிறார்கள். உதாரணம் உருளும் சக்கரங்கள் பொருத்தப்பட்ட பயணப்பெட்டி (Rolling suitcase)
- ஒன்றை ஒன்று தொடும் பரப்பில் உள்ள, அணுக்களின் மின்காந்த விசையே (Electro magnetic interaction)உராய்விற்கு அடிப்படையாக அமைகிறது.
- வளைவுப்பாதை இயக்கத்தில் வளைவுப் பாதையின் மையத்தை நோக்கி மையநோக்கு விசை செயல்படுகிறது. சீரான வட்ட இயக்கத்தில், வட்டத்தின் மையத்தை நோக்கி மையநோக்கு விசை செயல்படுகிறது.
- மையநோக்கு விசையானது ஒரு தனித்த இயற்கை விசையல்ல. எந்த ஒரு இயற்கை விசையும் மையநோக்கு விசையாகச் செயல்படலாம்.
- கோள்களின் இயக்கத்தில், சூரியனின் ஈர்ப்புவிசை மையநோக்கு விசையாகச் செயல்படுகிறது. மெல்லிய கயிற்றில் கட்டப்பட்டு சுழல் இயக்கத்தை மேற்கொள்ளும் கல்லின் இயக்கத்தில், கயிற்றின் இழுவிசை மையநோக்கு விசையாகச் செயல்படுகிறது. புவியினைச் சுற்றிவரும் நிலவின் இயக்கத்தில் நிலவின் மீது செயல்படும் புவியின் ஈர்ப்பு விசை மையநோக்கு விசையாகச் செயல்படும்.
- பொருளின் இயக்கத்தினைச் சுழலும் குறிப்பாயத்தில் பகுப்பாய்வு செய்யும்போது மையவிலக்கு விசை தோன்றுகிறது. இது ஒரு போலி விசையாகும். சுழலும் குறிப்பாயத்தில் பொருளின் நிலைம இயக்கம் மையவிலக்கு விசையாகத் தோன்றும்.
- மையநோக்கு விசை மற்றும் மையவிலக்கு விசை இவ்விரண்டின் எண்மதிப்பும் $m\omega^2 r$ ஆகும். ஆனால் வட்ட இயக்கத்தில் மையநோக்கு விசை வட்டமையத்தை நோக்கிச் செயல்படும். மேலும் சுழற்சிக் குறிப்பாயத்தைப் பொறுத்து மையவிலக்கு விசை மையநோக்கு விசையின் திசைக்கு எதிர்த் திசையில் செயல்படும்.

கருத்து வரைபடம்



UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 161 06-01-2022 01:37:48

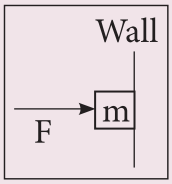
மதிப்பீடு

I. சரியான விடையைத் தேர்ந்தெடுத்து எழுதுக

1. வளைவுச் சாலை ஒன்றில் கார் ஒன்று திடீரென்று இடது புறமாகத் திரும்புபோது அக்காரிலுள்ள பயணிகள் வலது புறமாகத் தள்ளப்படுவதற்கு, பின்வருவனற்றுள் எது காரணமாக அமையும்?
   a) திசையில் நிலைமம்
   b) இயக்கத்தில் நிலைமம்
   c) ஓய்வில் நிலைமம்
   d) நிலைமமற்ற தன்மை

2. பின்வரும் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு, m என்ற நிறை செங்குத்துச் சுவரொன்று நழுவாமல் நிற்பதற்காக F என்ற கிடைத்தள விசை அந்நிறையின் மீது செலுத்தப்படுகிறது இந்நிலையில் கிடைத்தள விசை F ன் சிறும மதிப்பு என்ன?

   (IIT JEE 1994)



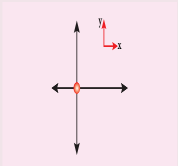
   a) mg ஐ விடக் குறைவு
   b) mg க்குச் சமம்
   c) mg ஐ விட அதிகம்
   d) கண்டறிய முடியாது

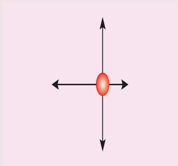
3. நேர்க்குறி x அச்சுத்திசையில் சென்று கொண்டிருக்கும் வாகனத்தின் தடையை (brake) திடீரென்று செலுத்தும்போது நடைபெறுவதுஎது?
   a) எதிர்க்குறி x அச்சுத்திசையில் வாகனத்தின்மீது உராய்வுவிசை செயல்படும்
   b) நேர்க்குறி x அச்சுத் திசையில் வாகனத்தின் மீது உராய்வுவிசை செயல்படும்
   c) வாகனத்தின் மீது எவ்வித உராய்வு விசையும் செயல்படாது
   d) கீழ்நோக்கிய திசையில் உராய்வுவிசை செயல்படும்.

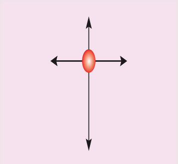
4. மேசைமீது வைக்கப்பட்டிருக்கும் புத்தகத்தின் மீது மேசை செலுத்தும் செங்குத்து விசையை, எதிர்ச்செயல் விசை என்று கருதினால்; நியூட்டனின் மூன்றாம் விதிப்படி இங்கு செயல் விசையாக (action force) எவ்விசையைக் கருத வேண்டும்?
   a) புவி, புத்தகத்தின் மீது செலுத்தும் ஈர்ப்புவிசை
   b) புத்தகம், புவியின் மீது செலுத்தும் ஈர்ப்புவிசை
   c) புத்தகம் மேசையின் மீது செலுத்தும் செங்குத்துவிசை
   d) மேற்கண்ட எதுவுமில்லை

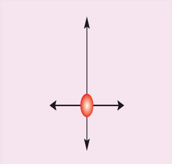
5. $m_1 < m_2$ என்ற நிபந்தனையில் இருநிறைகளும் ஒரே விசையினை உணர்ந்தால், அவற்றின் முடுக்கங்களின் தகவு .
   a) 1
   b) 1 ஐ விடக் குறைவு
   c) 1 ஐ விட அதிகம்
   d) மேற்கண்டஅனைத்தும்

6. எதிர்க்குறி y அச்சு திசையில் முடுக்கமடையும் துகளின் "தனித்த பொருள் விசை படத்தை" தேர்ந்தெடு. (ஒவ்வொரு அம்புக் குறியும் துகளின் மீதான விசையைக் காட்டுகிறது)

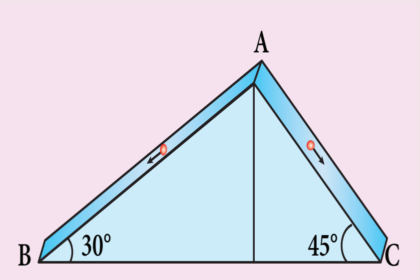
a) 

b) 

c) 

d) 

7. m என்ற நிறை படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளவாறு, வழு வழுப்பான இரட்டைச் சாய்தளத்தில் நழுவிச் செல்லும்போது, அந்நிறை உணர்வது



UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 162 06-01-2022 01:37:49

a) பாதை AB பாதையில் அதிக முடுக்கத்தைப் பெறும்

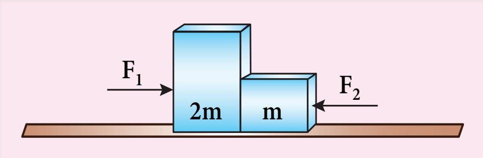
b) பாதை AC பாதையில் அதிக முடுக்கத்தைப் பெறும்

c) இருபாதையிலும் சம முடுக்கத்தைப் பெறும்

d) இருபாதைகளிலும் முடுக்கத்தையும் இல்லை

8. படத்தில் காட்டியவாறு வழுவழுப்பான கிடைத்தள பரப்பில் m, 2m நிறைகள் வைக்கப்பட்டுள்ளன. முதல் நிலையில் F_1 விசைஇடப்புறமிருந்துசெயல்படுத்தப்படுகிறது. பிறகு F_2 விசை மட்டும் வலப்புறமிருந்து செயல்படுத்தப்படுகிறது. பொருள்கள் ஒன்றையொன்று தொடும் பரப்பில், இரு நிலைகளிலும் சமவிசைகள் செயல்படுகின்றன எனில் $F_1 : F_2$

[இயற்பியல் ஒலிம்பியாட் 2016]



a) 1:1 b) 1:2

c) 2:1 d) 1:3

9. மாறாத் திசைவேகத்தில் செல்லும் துகளின் மீது செயல்படும் விசையின் மதிப்பு என்ன?

a) எப்பொழுதும் சுழி

b) சுழியாக இருக்க வேண்டிய அவசியமில்லை

c) எப்பொழுதும் சுழியற்ற மதிப்பு

d) முடிவு செய்ய இயலாது

10. ஓய்வுநிலை உராய்வுக் குணகம் μ_s கொண்ட, கிடைத்தளப் பரப்புடன் θ கோணம் சாய்ந்துள்ள சாய்தளமொன்றில் m என்ற நிறைவழுக்கிச் செல்லத் தொடங்குகிறது எனில் அந்தப் பொருள் உணரும் பெரும ஓய்வுநிலை உராய்வு விசையின் அளவு

a) mg

b) $\mu_s mg$

c) $\mu_s mg \sin\theta$

d) $\mu_s mg \cos\theta$

11. பொருளொன்று மாறாத் திசைவேகத்தில் சொர சொரப்பான பரப்பில் செல்லும்போது கீழ்க்கண்டவற்றுள்ளது சாத்தியம்?

a) பொருளின் மீதான தொகுபயன் விசைசுழி

b) பொருளின்மீது விசை ஏதும் செயல்படவில்லை

c) பொருளின் மீது புறவிசை மட்டும் செயல்படுகிறது.

d) இயக்க உராய்வு மட்டும் செயல்படுகிறது.

12. பொருளொன்று சொர சொரப்பான சாய்தளப்பரப்பில் ஓய்வுநிலையில் உள்ளது எனில் கீழ்க்கண்டவற்றுள் எது சாத்தியம்?

a) பொருளின் மீது செயல்படும் ஓய்வுநிலை உராய்வு மற்றும் இயக்க உராய்வு சுழி

b) ஓய்வுநிலை உராய்வு சுழி ஆனால் இயக்க உராய்வு சுழியல்ல

c) ஓய்வுநிலை உராய்வு சுழியல்ல, இயக்க உராய்வு சுழி

d) ஓய்வுநிலை உராய்வு, இயக்க உராய்வு இரண்டும் சுழியல்ல

13. மையவிலக்கு விசை எங்கு ஏற்படும்?

a) நிலைமக் குறிப்பாயங்களில் மட்டும்

b) சுழல் இயக்க குறிப்பாயங்களில் மட்டும்

c) எந்த ஒரு முடுக்கமடையும் குறிப்பாயத்திலும்

d) நிலைம, நிலைமமற்ற குறிப்பாயம்

14. பின்வருவனவற்றுள் சரியான கூற்றைத் தேர்வு செய்க

a) மையவிலக்கு மற்றும் மையநோக்கு விசைகள் செயல், எதிர்செயல் இணைகள்

b) மையநோக்கு விசை இயற்கை விசையாகும்.

c) மையவிலக்கு விசை, ஈர்ப்பு விசையிலிருந்து உருவாகிறது

d) வட்ட இயக்கத்தில் மையநோக்கு விசை மையத்தை நோக்கியும், மையவிலக்கு விசை வட்டமையத்திலிருந்து வெளி நோக்கியும் செயல்படுகிறது.

15. மனிதரொருவர் புவியின் துருவத்திலிருந்து, நடுவரைக் கோட்டுப் பகுதியை நோக்கி வருகிறார். அவரின்மீது செயல்படும் மையவிலக்கு விசை

a) அதிகரிக்கும்

b) குறையும்

c) மாறாது

d) முதலில் அதிகரிக்கும். பின்பு குறையும்

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 163 06-01-2022 01:37:49

விடைகள்

1) a	2) c	3) a	4) c	5) c
6) c	7) b	8) c	9) b	10) d
11) a	12) c	13) b	14) d	15) a

II குறுவினாக்கள்

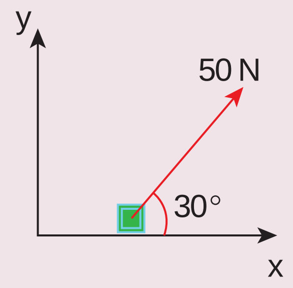
1. நிலைமம் விளக்குக. இயக்கத்தில் நிலைமம். ஓய்வில் நிலைமம் மற்றும் திசையில் நிலைமம் ஒவ்வொன்றிற்கும் இரு எடுத்துக்காட்டுகள் தருக.
2. நியூட்டனின் இரண்டாவது விதியைக் கூறுக
3. ஒரு நியூட்டன் – வரையறு
4. கணத்தாக்கு என்பது உந்தத்தில் ஏற்படும் மாற்றம் என்று விளக்குக.
5. ஒரு பொருளை நகர்த்த அப்பொருளை இழுப்பது சுலபமா? அல்லதுதள்ளுவதுசுலபமா? தனித்த பொருளின் விசைப்படம் வரைந்து விளக்குக
6. உராய்வின் பல்வேறு வகைகளை விளக்குக.உராய்வினைக்குறைப்பதற்கான வழிமுறைகள் சிலவற்றைத் தருக.
7. போலி விசை என்றால் என்ன?
8. ஓய்வுநிலை உராய்வு மற்றும் இயக்க உராய்வு ஆகியவற்றிற்கான அனுபவ கணிதத் தொடர்பைக் (empirical law) கூறுக
9. நியூட்டன் மூன்றாவது விதியைக் கூறுக.
10. நிலைமக் குறிப்பாயம் என்றால் என்ன?
11. சரி சமமான வளைவுச்சாலையில் கார்ஒன்று சறுக்குவதற்கான நிபந்தனை என்ன?

III நெடுவினாக்கள்

1. நேர்கோட்டு உந்தமாறா விதியை நிரூபி. இதிலிருந்து துப்பாக்கியிலிருந்து குண்டு வெடிக்கும்போது ஏற்படும் துப்பாக்கியின் பின்னியக்கத்திற்கான கோவையைப் பெறுக.
2. ஒரு மையவிசைகள் என்றால் என்ன? லாமியின் தேற்றத்தைக் கூறு.
3. மெல்லியகம்பி/நூலினால்இணைக்கப்பட்ட கனப்பொருள்களின் இயக்கத்தை
   (i) செங்குத்து
   (ii) கிடைமட்ட திசையில் விவரி.
4. உராய்வு எவ்வாறு தோன்றுகிறது என்பதை விவரி. சாய்தளம் ஒன்றில் உராய்வுக் கோணம், சறுக்குக் கோணத்திற்குச் சமம் எனக் காட்டுக.
5. நியூட்டனின் மூன்று விதிகளின் முக்கியத்துவத்தை விளக்குக.
6. மையநோக்கு மற்றும் மையவிலக்கு விசைகளுக்கிடையேயான ஒத்த, வேறுபட்ட கருத்துகளை விவரி.
7. மையவிலக்கு விசையைத் தகுந்த எடுத்துக்காட்டுகளுடன் சுருக்கமாக விளக்குக.
8. உருளுதலின் உராய்வினைப் பற்றி சுருக்கமாக விளக்குக.
9. சறுக்குக் கோணத்தை கண்டறிவதற்கான சோதனையைச் சுருக்கமாக விவரி.
10. வளைவுச் சாலைகளின் வெளி விளிம்பு உயர்த்தப்பட்டிருப்பதன் நோக்கம் என்ன? விளக்குக.
11. புவியினை நோக்கி நிலவின் மையநோக்கு முடுக்கத்தைக் காண்க.

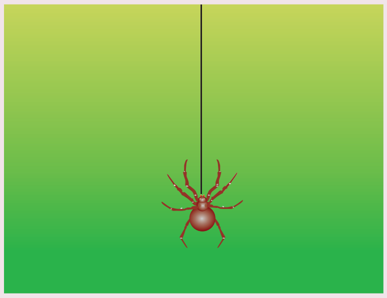
IV. பயிற்சிக் கணக்குகள்

1. 20 kg நிறையுள்ள பொருள் மீது 50 N விசை படத்தில் காட்டியவாறு செயல்படுகிறது. x , y திசைகளில் பொருளின் முடுக்கங்களைக் காண்க.



விடை: $a_x = 2.165\ ms^{-2}$; $a_y = 1.25\ ms^{-2}$

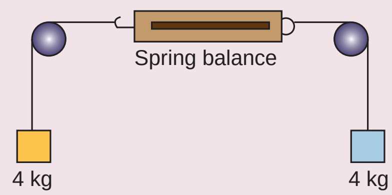
2. 50 g நிறையுள்ள சிலந்தி ஒன்று படத்தில் காட்டியவாறு அதன் வலையிலிருந்து தொங்குகிறது. வலையின் இழுவிசை யாது?

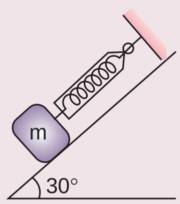


விடை: $T = 0.49N$

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 164 06-01-2022 01:37:49

3. கீழே காட்டப்பட்டுள்ள படத்திலிருந்து சுருள்வில் தராசு காட்டும் அளவீடு என்ன?





m = 2kg

விடை: **சுழி**, 9.8 N

4. மேசை ஒன்றின் மீது +1 இயற்பியல் தொகுதி 1 மற்றும் தொகுதி 2, +2 இயற்பியல் தொகுதி 1 மற்றும் தொகுதி 2 இவை வரிசையாக ஒன்றின் மீது ஒன்று அடுக்கி வைக்கப்பட்டுள்ளன

a) ஒவ்வொரு புத்தகத்தின் மீதும் செயல்படும் விசைகளைக் காண்க. "தனித்த பொருள் விசை படங்கள்" அவற்றிற்கு வரைக.

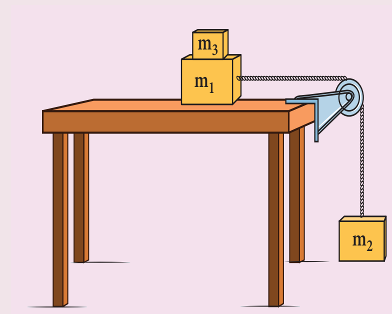
b) ஒவ்வொரு புத்தகமும் மற்ற புத்தகங்கள் மீது தரும் விசைகளைக் கண்டுபிடி.

5. மெல்லிய கயிற்றில் கட்டப்பட்டுள்ள ஊசல் குண்டொன்று முன்னும் பின்னும் அலைவுறுகிறது. ஊசல் குண்டின்மீது செயல்படும் விசைகளைக் கூறுகளாகப் பிரிக்கவும். மேலும் θ கோணத்தில் அந்த ஊசல் குண்டு பெறும் முடுக்கத்தைக் கணக்கிடுக?

விடை: தொடுகோட்டு முடுக்கம் = g sinθ

மையநோக்குமுடுக்கம் $= \dfrac{(T - mg\cos\theta)}{m}$.

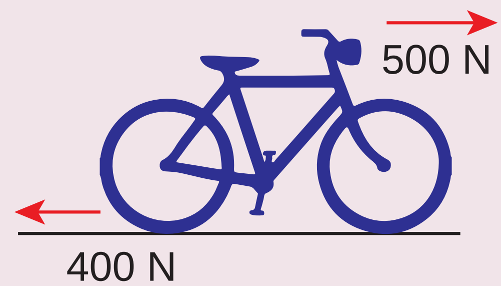
6. படத்தில் காட்டியவாறு m_1 மற்றும் m_2 இரண்டு நிறைகள் மெல்லிய கயிற்றினால் உராய்வற்ற கப்பியின் வழியே இணைக்கப்பட்டுள்ளன. மேசையுடனான m_1 க்கும் மேசைக்கும் இடையேயான ஓய்வுநிலை உராய்வுக் குணகம் μ_s. m_1 மீது எவ்வளவு சிறும நிறை m_3 வைத்தால் m_1 நகராது? m_1 = 15 kg, m_2 = 10 kg, m_3 = 25 kg, μ_s = 0.2 எனில் உனது விடையை சரி பார்.

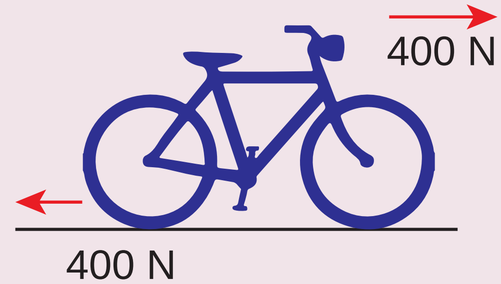


விடை: $m_3 = \dfrac{m_2}{\mu_s} - m_1$ எனில்

m_1, m_3 இவ்விரண்டு நிறைகளும் சேர்ந்த அமைப்பு $m_1 + m_3$ சறுக்கத் தொடங்கும்.

7. படம் 1 மற்றும் 2 இல் காட்டப்பட்ட 25 kg மிதிவண்டிகளின் முடுக்கங்களைக் கணக்கிடு.

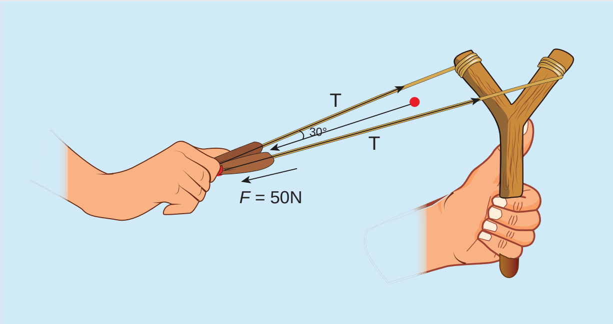




விடை: a = 4 ms^{-2}, **சுழி**

8. படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள கவணிற்கு (கல்லெறி கருவி) லாமி தேற்றத்தை பயன்படுத்தி இழு கயிற்றின் இழுவிசையைக் காண்க?

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 165 06-01-2022 01:37:50



விடை: T = 28.868N.

9. கால்பந்து வீரரொருவர் 0.8 kg நிறையுடைய கால்பந்தை உதைத்து அதை 12 m s^{-1} திசைவேகத்தில் இயக்க வைக்கிறார். அவ்வீரர் வினாடியில் அறுபதில் ஒரு பங்கு நேரமே பந்தை உதைத்தார் எனில் அப்பந்தின் மீது அவர் செலுத்திய சராசரி விசையைக் காண்க.

விடை: 576N.

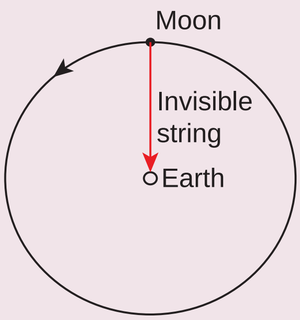
10. 1 m நீளமுள்ள 2 kg நிறையுள்ள கல் ஒன்று நூலில் கட்டப்பட்டு சுழல்கிறது. நூல் தாங்கக்கூடிய பெரும இழுவிசை 200 N. வட்ட இயக்கத்தில் கல் செல்லக்கூடிய பெரும வேகம் யாது?

விடை: v_{max} = $10 ms^{-1}$

11. புவி மற்றும் நிலவு இவற்றிற்கிடையேயான ஈர்ப்புவிசை கண்ணுக்குப் புலப்படாத அவற்றை இணைக்கும் மெல்லிய கயிற்றின் வழி அளிக்கப்படுகிறது என்று கருதுக. புவி நிலாவிற்கு அளிக்கும் மையநோக்கு முடுக்கத்தால் ஏற்படும் இழுவிசையை கணக்கிடுக.

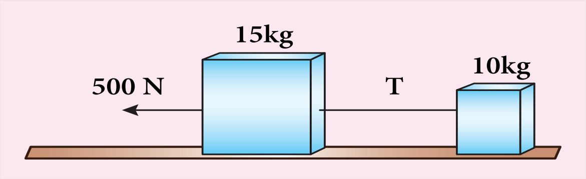
(நிலாவின் நிறை = 7.34×10^{22} kg

புவிக்கும் நிலாவிற்கும் உள்ள தொலைவு = 3.84×10^{8} m)



விடை: $T \approx 2 \times 10^{20} N$

12. 15 kg, 10 kg நிறை கொண்ட இரண்டு பொருட்கள் மெல்லிய கயிற்றின் மூலம் இணைக்கப்பட்டு வழுவழுப்பான தரையின் மீது வைக்கப்பட்டுள்ளன. படத்தில் காட்டியுள்ளவாறு F= 500 N விசையானது 15 kg நிறை மீது செலுத்தப்பட்டால், கயிற்றின் மீது செயல்படும் இழுவிசையின் மதிப்பு என்ன?



விடை: $T = 200N$

13. மக்கள் அடிக்கடி "எல்லா செயல்களுக்கும் சமமான எதிர்ச்செயல் உண்டு" என்று கூறுகிறார்கள். இங்கு "செயல்கள்" என்பது மனிதர்களின் செயல்களைக் குறிக்கிறது. மனிதர்களின் செயல்களுக்கு நியூட்டனின் மூன்றாம் விதியைப் பயன்படுத்துவது சரியா? நியூட்டனின் மூன்றாம் விதியில் குறிப்பிடப்படும் செயல் (Action) என்பது எதனைக் குறிக்கிறது?

விடை: மனிதர்களின் செயல்களில் எங்கெல்லாம் அவர்களின் உடல் விசை பயன்படுத்தப்படுகிறதோ அங்கு மட்டுமே நியூட்டனின் மூன்றாம் விதியினைப் பயன்படுத்தலாம். ஆனால் அவர்களின் மன ரீதியான உளவியல் செயல்களுக்கும், எண்ணங்களுக்கும் நியூட்டனின் மூன்றாம் விதியைப் பயன்படுத்த முடியாது.

14. 10m வளைவு ஆரம் கொண்ட வட்ட வடிவச் சாலையில் செல்லும் கார், 50 ms^{-1} திசைவேகத்தில் வளைகிறது. அக்காரினுள்ளே அமர்ந்திருக்கும் 60 kg நிறையுடைய மனிதர் உணரும் மையவிலக்கு விசையைக் காண்க.

விடை: 15,000 N

15. தரையில் கிடைத்தளமாக வைக்கப்பட்டுள்ள கம்பு (stick) ஒன்றிலிருந்து 10 m தொலைவில் உள்ள நபரால், 0.5kg நிறைகொண்ட கல்லினை அக்கம்பில் படுமாறு வீசி எறியத் தேவைப்படும் சிறுமத் திசைவேகத்தைக் காண்க. (இயக்க உராய்வுக் குணகம் $\mu_k = 0.7$ என்க)

விடை: 11.71 ms^{-1}

UNIT-3_(XI-Physics_Vol-1)_Tamil.indd 166 06-01-2022 01:37:51

மேற்கோள்நூல்கள்

1. Charles Kittel, Walter Knight, Malvin Ruderman, Carl Helmholtz and Moyer, *Mechanics,* 2nd edition, Mc Graw Hill Pvt Ltd,
2. A.P.French, *Newtonian Mechanics,* Viva-Norton Student edition
3. SomnathDatta, *Mechanics,* Pearson Publication
4. H.C.Verma, *Concepts of physics* volume 1 and Volume 2, Bharati Bhawan Publishers
5. Serway and Jewett, *Physics for scientist and Engineers with modern physics*, Brook/ Coole publishers, Eighth edition
6. Halliday, Resnick & Walker, *Fundamentals of Physics*, Wiley Publishers, 10th edition