

7.10 டாப்ளர் விளைவு

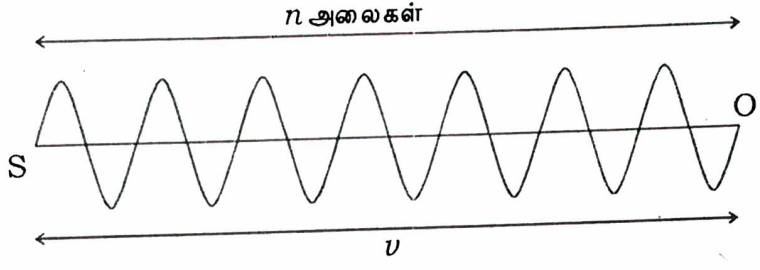
வேகமாக இயங்கும் இரயில் வண்டி ஓய்வு நிலையில் உள்ள கேட்போரை (கேட்குநரை) நோக்கிச் செல்லும்போது, அதன் ஊதல் ஒலியின் சுருதி (அதிர்வெண்) அதிகரிப்பது போன்றும், கேட்குநரை விட்டு விலகிச் செல்லும் போது சுருதி குறைவது போன்றும் தோன்றும். அதிர்வெண்ணின் தோற்ற மாற்றத்தை முதன் முதலாக 1845-ல் டாப்ளர் கண்டறிந்து விளக்கினார்.

ஒலி மூலத்திற்கும் கேட்குநருக்கும் இடையே சார்பியக்கம் இருக்கும்போது, ஒலியின் அதிர்வெண் மாறுவது போன்று தோன்றும் நிகழ்வு டாப்ளர் விளைவு எனப்படும்.

வெவ்வேறு நிகழ்வுகளில் டாப்ளர் விளைவின் தோற்ற அதிர்வெண் கீழ்க்கண்டவாறு விளக்கப்படலாம்.

(i) ஒலிமூலமும் கேட்போரும் ஓய்வுநிலையில் உள்ளபோது

S மற்றும் O என்பன முறையே ஒலிமூலம் மற்றும் கேட்போரின் நிலைகளாக இருக்கட்டும் (படம் 7.19 a) n என்பது ஒலியின் அதிர்வெண் மற்றும் v என்பது ஒலியின் திசைவேகம் ஆகும். ஒரு நொடியில் ஒலிமூலம் ஏற்படுத்தும் அலைகள் கடக்கும் தொலைவு, $SO = v$

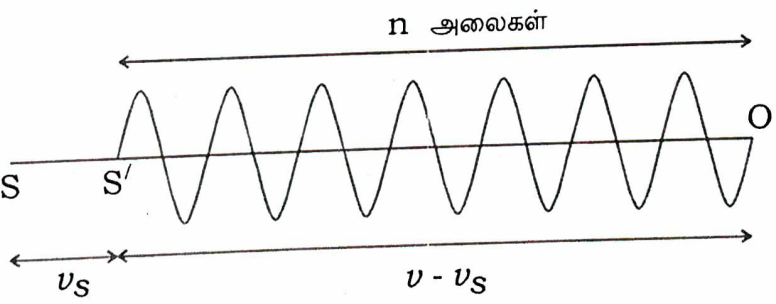


படம் 7.19a ஒலிமூலமும் கேட்போரும் ஓய்வு நிலையில்

அலைநீளம் $\lambda = \frac{v}{n}$ $n = \frac{v}{\lambda}$

(ii) ஓய்வு நிலையில் உள்ள கேட்போரை நோக்கி ஒலிமூலம் நகரும் போது

ஓய்வு நிலையில் உள்ள கேட்போரை நோக்கி ஒலிமூலம் v_s திசைவேகத்தில் நகர்ந்தால் ஒரு நொடிக்குப் பிறகு $SS' = v_s$ என இருக்குமாறு ஒலிமூலம் S'-ஐ அடையும். ஒலிமூலத்தால் வெளிவிடப்பட்ட n அலைகள் படம் 7.19b-ல் காட்டியவாறு $(v - v_s)$ தொலைவை ஆக்கிரமித்துக் கொள்ளும்.



படம் 7.19 b ஓய்வு நிலையில் உள்ள கேட்போரை நோக்கி ஒலிமூலம் நகரும் போது

எனவே, ஒலியின் தோற்ற அலைநீளம்,

$\lambda' = \frac{v - v_s}{n}$

தோற்ற அதிர்வெண், $n' = \frac{v}{\lambda'} = \left(\frac{v}{v - v_s} \right) n$

$n' = \left(\frac{v}{v - v_s} \right) n$

... (1)

$n' > n$ என்பதனால், ஒலியின் சுருதி அதிகரிப்பது போல் தோன்றுகிறது.

ஓய்வு நிலையில் உள்ள கேட்போரை விட்டு விலகி ஒலிமூலம் நகரும்போது

ஒலிமூலமானது v_s திசைவேகத்துடன், ஓய்வு நிலையில் உள்ள கேட்போரை விட்டு விலகி நகரும்போது

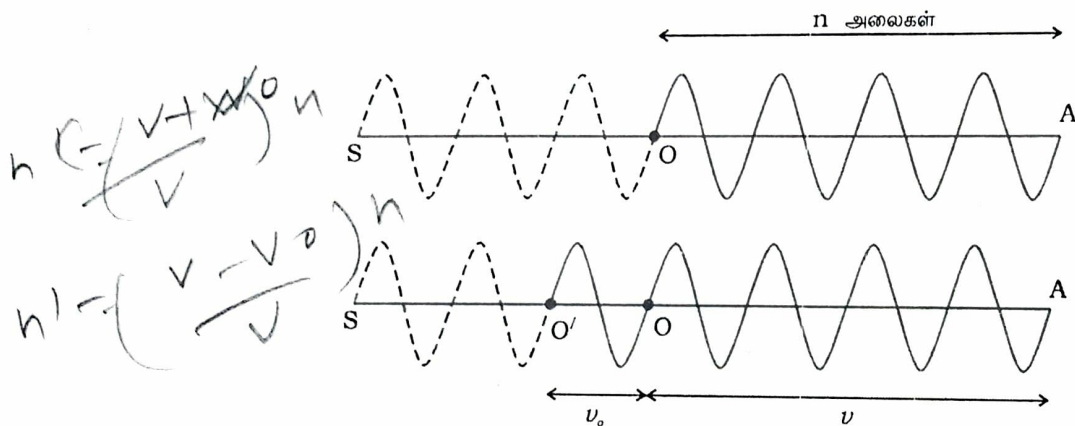
தோற்ற அதிவெண்,

$$n' = \left(\frac{v}{v - (-v_s)} \right) n = \left(\frac{v}{v + v_s} \right) n \quad \dots(2)$$

$n' < n$ என்பதனால் ஒலியின் சுருதி குறைவதுபோல் தோன்றும்.

(iii) ஓய்வு நிலையில் ஒலிமூலமும் இயக்கத்தில் கேட்போரும் உள்ளபோது

S மற்றும் O என்பன முறையே ஒலிமூலம் மற்றும் கேட்போரின் நிலைகளைக் குறிக்கின்றன. ஒலிமூலமானது $\lambda = \frac{v}{n}$ என்ற அலைநீளமுடைய n அலைகளை ஒரு நொடியில் வெளிவிடுகிறது. O-விற்கும் A-விற்கும் இடையிலுள்ள n அலைகள் கேட்போரின் செவியைக் கடந்து செல்லும் (படம் 7.20a) அதாவது, முதல் அலை A-வில் இருக்கும் போது n -வது அலை கேட்போர் இருக்கும் இடமான O-வில் இருக்கும்.



படம் 7.20a, 7.20b ஓய்வு நிலையில் உள்ள ஒலிமூலத்தை நோக்கி கேட்போர் நகருதல்

ஓய்வு நிலையில் உள்ள ஒலிமூலத்தை நோக்கி கேட்போர் நகருதல்

நிலையான ஒலிமூலத்தை நோக்கி கேட்போர் v_o என்ற திசைவேகத்துடன் நகருவதாகக் கருதுக. ஒரு நொடிக்குப் பிறகு, $OO' = v_o$ என்றிருக்குமாறு, கேட்குநர் O' என்ற புள்ளியைச் சென்றடைகிறார். கேட்போரைக் கடந்து செல்லும் அலைகளின் எண்ணிக்கையானது, OA தொலைவில் உள்ள n அலைகள் மற்றும் OO' தொலைவில் உள்ள $\frac{v_o}{\lambda}$ அலைகளின் எண்ணிக்கையின் கூடுதலாகும். (படம் 7.20b) எனவே, ஒலியின் தோற்ற அதிர்வெண்,

$$n' = n + \frac{v_o}{\lambda}$$

$$= n + \left(\frac{v_o}{v} \right) n$$

$$\therefore n' = \left(\frac{v + v_o}{v} \right) n$$

...(3)

$n' > n$ என்பதினால் ஒலியின் சுருதி அதிகரிப்பது போன்று தோன்றும்.

ஒய்வு நிலையிலுள்ள ஒலிமூலத்திலிருந்து கேட்போர் விலகி நகருதல்

$$n' = \left[\frac{v + (-v_o)}{v} \right] n$$

$$n' = \left(\frac{v - v_o}{v} \right) n \quad \dots(4)$$

$n' < n$ என்பதினால், ஒலியின் சுருதி குறைவது போன்று தோன்றும்.

குறிப்பு : ஒலிமூலமும் கேட்போரும் ஒரே திசையில் இயங்கும் போது, தோற்ற அதிர்வெண்,

$$n' = \left(\frac{v - v_o}{v - v_s} \right) n \quad \dots(5)$$

ஒலிபரவும் திசையில், w என்ற திசைவேகத்தில் காற்று விசும்போது, தோற்ற அதிர்வெண்,

$$n' = \left(\frac{v + w - v_o}{v + w - v_s} \right) n \quad \dots(6)$$

டாப்ளர் விளைவின் பயன்பாடுகள்

(i) வாகனம் ஒன்றின் வேகத்தை அளவிடுதல்

காவலரின் காரில் (police car) பொருத்தப் பட்டிருக்கும் கருவி ஒன்று மின் காந்த அலையை உமிழும். இந்த அலையானது, இயங்கும் மூலமாகச் (source) செயல்படும் இயங்கும் வாகனத்திலிருந்து எதிரொளிக்கப்படும். எதிரொளித்த அலையின் அதிர்வெண்ணில் மாற்றம் ஏற்படும். அதிர்வெண்ணின் மாற்றத்திலிருந்து விம்மல்களைப் பயன்படுத்தி, வேகமாகச் செல்லும் வாகனங்களைக் காவலர் கண்டறிவர்.

(ii) துணைக்கோள் ஒன்றை கண்டறிதல்

துணைக்கோள் ஒன்று புவியிலிருந்து வெகுதொலைவிற்குச் செல்லும் போது, அதனால் உமிழப்பட்ட ரேடியோ அலைகளின் அதிர்வெண் குறையும். புவி நிலையத்தால் ஏற்கப்படும் அதிர்வெண்ணையும் நிலையத்தில் உருவாக்கப்படும் அதிர்வெண்ணையும் ஒப்பிட, விம்மல் அதிர்வெண் கிடைக்கும். இதனைக் கொண்டு துணைக்கோளைக் கண்டறியலாம்.

(iii) ரேடார் (RADAR - RADIO DETECTION AND RANGING)

ரேடாரானது, அதிர்வெண் மிக்க ரேடியோ அலைகளை ஆகாய விமானத்தை நோக்கி அனுப்பும். எதிரொளித்து வரும் அலைகளை ரேடார் நிலையத்தில் உள்ள ஏற்பி கண்டறியும். அதிர்வெண்ணில் உள்ள வேறுபாட்டைக் கொண்டு விமானத்தின் வேகத்தைக் கணக்கிடலாம்.

(iv) சோனார் (SONAR - SOUND NAVIGATION AND RANGING)

கப்பலில் இருந்து ஒலி அலைகள் உருவாக்கப்பட்டு நீரினுள், நெருங்கி வரும் நீர்மூழ்கிக் கப்பலை நோக்கி அனுப்பப்படும். எதிரொளித்த அலைகளின் அதிர்வெண்ணைக் கணக்கிடுவதன் மூலம் நீர்மூழ்கிக் கப்பலின் வேகத்தை சோனார் கருவி மூலம் அறியலாம்.

இச்சமன்பாடு குழி மற்றும் குவிலென்சுகளுக்கும் மெய் மற்றும் மாய பிம்பங்களுக்கும் பொருந்தும்.

9.6.6 லென்சின் திறன்

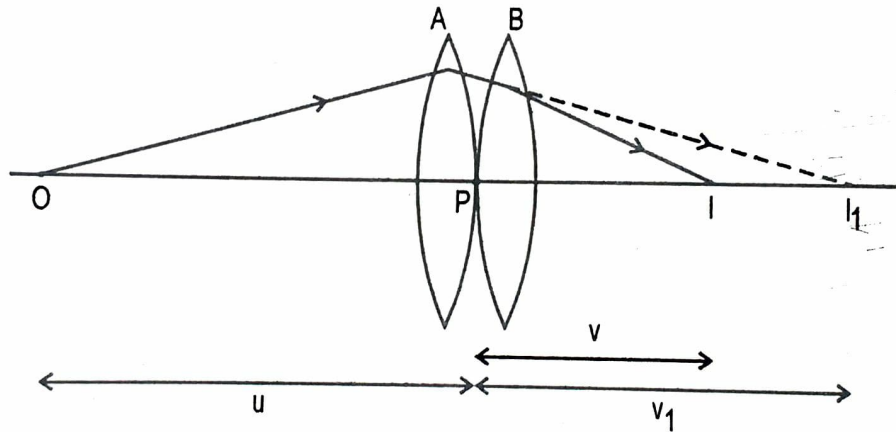
லென்சின் திறன் என்பது, அதன் மீது படும் ஒளியை குவிக்கும் அல்லது விரிக்கும் தன்மையை அளவிடும் ஒரு அளவுகோலாகும். குவியத் தொலைவின் தலைகீழி என லென்சின் திறனை வரையறுக்கலாம்.

$$P = \frac{1}{f}$$

திறனின் அலகு டையாப்டர் (D) ஆகும். $1 D = 1 m^{-1}$. 1 மீட்டர் குவியத் தொலைவு உடைய லென்சின் திறன் 1 டையாப்டர் ஆகும். குவிக்கும் லென்சின் திறன் நேர்க்குறியிலும் விரிக்கும் லென்சின் திறன் எதிர்க்குறியிலும் குறிப்பிடப்படும். எனவே, திருத்தப்பட்ட லென்சின் திறன் $+0.5 D$ என கண் மருத்துவர் குறிப்பிடுவது, $+2 m$ குவியத் தொலைவு உடைய குவிலென்சு தேவை எனக் குறிப்பதாகும். $-2.0 D$ என்பது $-0.5 m$ குவியத் தொலைவு உடைய குழிலென்சு தேவை என்பதாகும்.

9.6.7 மெல்லிய லென்சுகளின் கூட்டமைப்பு

f_1 மற்றும் f_2 என்ற குவியத் தொலைவு உடைய A மற்றும் B என்ற இரு லென்சுகள் ஒன்றை மற்றொன்று தொட்டுக் கொண்டிருக்குமாறு இருக்கட்டும். பொது முதன்மை அச்சின்மீது முதல் லென்சு A-வின் குவியத்திற்கப்பால் O என்ற புள்ளியில் பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ளது. லென்சு A



படம் 9.20 இரு மெல்லிய லென்சுகளால் பிம்பம் உருவாதல்

பிம்பத்தை I_1 -ல் உருவாக்குகிறது. இந்தப் பிம்பம் I_1 இரண்டாவது லென்சு B-க்குப் பொருளாகச் செயல்படுகிறது. படம் 9.20-ல் காட்டியவாறு இறுதியான பிம்பம் I-ல் உருவாகிறது. லென்சுகள் மெல்லியனவாக இருப்பதால், P என்ற பொதுவான ஒளி மையத்தைக் கருதலாம்.

முதல் லென்சிலிருந்து பொருளின் தொலைவு $PO = u$ எனவும், இறுதிபிம்பத்தின் தொலைவு $PI = v$ எனவும், முதல் லென்சிலிருந்து பிம்பத்தின் தொலைவை இரண்டாவது லென்சின் பொருளின் தொலைவாக அதாவது, $PI_1 = v_1$ எனவும் கருதுக.

A என்ற முதல் லென்சு உருவாக்கும் I_1 பிம்பத்திற்கு ,

$$\frac{1}{v_1} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f_1}$$

...(1)

B என்ற இரண்டாவது லென்சு உருவாக்கும் I என்ற இறுதி பிம்பத்திற்கு.

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{v_1} = \frac{1}{f_2} \quad \dots(2)$$

சமன்பாடுகள் (1) மற்றும் (2)-னைக் கூட்டுக.

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \quad \dots(3)$$

கூட்டமைப்பிற்குப் பதிலாக F குவியத் தொலைவு உடைய தனியொரு லென்சு, பொருள் O-ன் பிம்பத்தை I-ல் உருவாக்கினால்,

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{F} \quad \dots(4)$$

சமன்பாடுகள் (3) மற்றும் (4) -லிருந்து

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} \quad \dots(5)$$

F என்பது கூட்டமைப்பிற்குச் சமமான லென்சின் குவியத் தொலைவாகும்.

இதுபோன்று, $f_1, f_2, f_3 \dots$ என்ற குவியத் தொலைவு உடைய பல மெல்லிய லென்சுகள் ஒன்றையொன்று தொட்டுக் கொண்டிருக்கும்போது, கூட்டமைப்பின் தொகுபயன் குவியத் தொலைவு,

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} + \frac{1}{f_3} + \dots \quad \dots(6)$$

சமன்பாடு (6)லிருந்து திறனுக்கான சமன்பாடு,

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots \quad \dots(7)$$

தொட்டுக் கொண்டிருக்கும் லென்சுகளின் கூட்டமைப்பின் திறன், தனித்தனியான லென்சுகளின் திறன்களின் குறியியல் கூட்டுத்தொகையாகும்.

லென்சுகளின் கூட்டமைப்பு பொதுவாக, நுண்ணோக்கிகள், நிழற்படக் கருவிகள் (camera) தொலைநோக்கிகள் போன்ற ஒளியியல் கருவிகளில் பயன்படுகிறது.

9.7 முப்பட்டகம்

முப்பட்டகம் என்பது மூன்று சமதளப் பக்கங்களாலான ஒளி ஊருருவும் ஊடகமாகும். மூன்று பக்கங்களில் ஒரு பக்கம் தேய்க்கப்பட்டிருக்கும். பளபளப்பாக்கப்பட்ட மற்ற இரு பக்கங்கள் விலக்கு முகங்கள் எனப்படும். இரு விலக்கு முகங்களுக்கும் இடைப்பட்ட கோணம் முப்பட்டகக் கோணம் அல்லது விலக்குக் கோணம் எனப்படும். முப்பட்டகத்தின் மூன்றாவது பக்கம் அடிப்பகுதி எனப்படும்.

முப்பட்டகத்தின் வழியே ஒளிவிலகல்

காற்றில் வைக்கப்பட்டுள்ள ABC என்ற முக்கோண வடிவ முப்பட்டகத்தின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றம் படம் 9.21-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. முப்பட்டகத்தின் விலக்குக் கோணம் A எனக் கருதுக. PQ

7.4 எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி (Electron microscope)

(7)

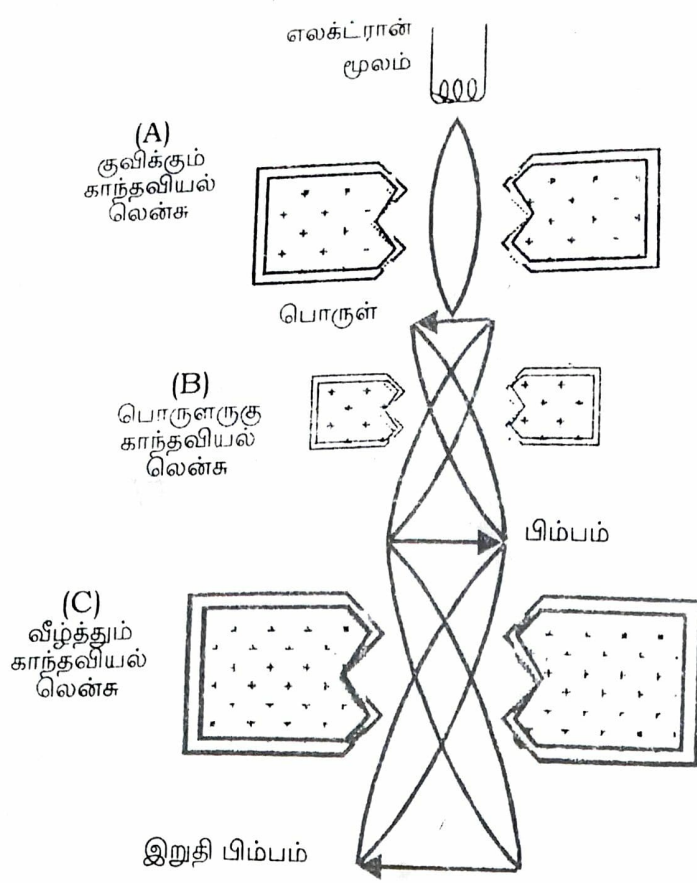
எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி என்பது சாதாரண ஒளியியல் நுண்ணோக்கி போன்று சிறிய பொருள்களை உருப்பெருக்கிக் காட்ட ஆராய்ச்சிக் கூடங்களில் பயன்படுகிறது. இது இயங்கும் எலக்ட்ரானின் அலைப்பண்பினை அடிப்படையாகக் கொண்டு செயல்படுகிறது. ஒரு நுண்ணோக்கியின் பகுதிறன் (resolving power) என்பது இரண்டு புள்ளிகளைத் தனித்தனியே பிரித்து பார்க்கக் கூடிய மிகச்சிறிய தொலைவு ஆகும்.

பகுதிறன், கதிர்வீச்சின் அலைநீளத்தினைச் சார்ந்து அமையும். ஒளியியல் நுண்ணோக்கியில் பொருளானது கண்ணூறு ஒளியால் ஒளியூட்டப்படுகிறது. சிறந்த ஒளியியல் நுண்ணோக்கிகளைக் கொண்டு சுமார் 2000 மடங்கு வரை உருப்பெருக்கத்தினைப் பெறலாம். கண்ணூறு அலைகளைவிடக் குறைந்த அலைநீளம் கொண்ட X-கதிர்களைப் பயன்படுத்தி, X-கதிர் நுண்ணோக்கி ஒன்றினை உருவாக்கலாம். எனினும், X-கதிர்களை வென்சுகளால் குவிக்க இயலாது. பிறிதொரு வகையில் X-கதிரைப்போன்ற டி பிராலி அலைநீளம் கொண்ட எலக்ட்ரான் கற்றையினை, மின் மற்றும் காந்தப் புலங்களைக் கொண்டு குவியச் செய்யலாம். எலக்ட்ரான்களைக் கொண்டு உயர் பகுதிறன் கொண்ட நுண்ணோக்கியினை வடிவமைக்கலாம்.

சுமார் 60,000 volts மின்னழுத்த வேறுபாட்டில் எலக்ட்ரான் முடுக்கப்படும்போது, அதன் அலைநீளம் சுமார் 5×10^{-12} m. இம்மதிப்பு கண்ணூறு ஒளியின் அலைநீளத்தை விட 10^5 மடங்கு குறைவு. எனவே, ஒரு எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் பகுதிறன், ஒளியியல் நுண்ணோக்கியின் பகுதிறனை விட **1,00,000** மடங்கு அதிகம்.

அமைப்பு மற்றும் செயல்பாடு

எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி படம் 7.8ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியின் தத்துவம் ஒளியியல் நுண்ணோக்கியைப் போன்றதே. நவீன எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி என்பது எலக்ட்ரான் உட்புகும் வகையினைச் சார்ந்தது. இதில், குறைந்த குவியத் தொலைவு கொண்ட காந்த வென்சுகள் மீ உயர் உருப்பெருக்கத்தினைப் பெற உதவுகின்றன. மின்னிழை ஒன்று வெளிவிடும் எலக்ட்ரான்கள், உயர் மின்னழுத்த வேறுபாடு கொண்ட எலக்ட்ரான் துப்பாக்கி என்ற அமைப்பினால் முடுக்கப்படுகின்றன. இந்த மெல்லிய கற்றை, வளைய வடிவிலான மின்காந்தம் A (குவிக்கும் காந்த வென்சு) வழியே செலுத்தப்படுகிறது. எலக்ட்ரான்கள் இணைக் கற்றையாக, உருப்பெருக்க வேண்டிய பொருள் மீது மோதும். எலக்ட்ரான் கற்றை, பொருளின் அடர்வு குறைந்த பகுதிகளில் அதிக அளவிலும், அடர்வு மிகுந்த பகுதிகளில் குறைவான அளவிலும் பாயும். எனவே, ஊடுருவி வரும் எலக்ட்ரான் கற்றை, பொருளின் தன்மைகளைக்



படம் 7.8 எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி

கொண்டிருக்கும். இரண்டாவது மின்காந்த லென்சு (B) (காந்தப் பொருளருகு லென்சு), எலக்ட்ரான் கற்றையை வரிக்கற்றையாக மாற்றி பொருளின் உருப்பெருக்கப்பட்ட பிம்பத்தினை உண்டாக்கும். மின்காந்தம் (C) (வீழ்த்தும் லென்சு), உருப்பெருக்கப்பட்ட பிம்பத்தின் ஒரு பகுதியினை, ஒளிர் திரையின் மீது குவிக்கச் செய்வதுடன் அதிக உருப்பெருக்கத்தினையும் ஏற்படுத்தும். ஒளிர் திரையில் தோன்றும் ஒளிர் புள்ளிகளால் ஏற்படும் பிம்பத்தினை நேரடியாகக் காணலாம். இதனை புகைப்படத் தகடுகளைக் கொண்டு நிலையான பதிவுகளைப் பெறலாம். காந்தப் புலத்தினை சரி செய்து எலக்ட்ரான் கற்றையினைத் துல்லியமாகக் குவிக்கலாம். எலக்ட்ரான் கற்றை வெற்றிடத்தில் மட்டுமே செல்லவேண்டியிருப்பதால், இக்கருவியானது முழுவதும் வெற்றிடமாக்கப்பட்ட கூடத்தில் இருக்கும்.

பயன்கள்

- தொழிற்சாலைகளில், நூலிழைகளின் அமைப்பு, உலோகப் பரப்புகள், வண்ணப் பூச்சிகளின் ஆக்கக் கூறுகள் போன்றவைகளை அறிந்து கொள்ளப் பயன்படுகின்றது.
- மருத்துவம் மற்றும் உயிரியலில், வைரஸ் மற்றும் பாக்டீரியாவைப் பற்றி அறிந்து கொள்ளப் பயன்படுகின்றது.
- இயற்பியலில், அணு அமைப்பு மற்றும் படி அமைப்புகளை விளக்கமாக அறிந்து கொள்ளப் பயன்படுகின்றது.

வரம்புகள்

எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியானது உயர் வெற்றிடத்தில் செயல்படுவதால் அந்நிலையில் ஆவியாகக் கூடிய மற்றும் சிதைந்துபோகக் கூடிய உயிர்ப் பொருள்களைப் பற்றி அறிய இந்த நுண்ணோக்கியைப் பயன்படுத்த இயலாது.

50