10. કોઈ પણ દ્રવ્યના ઇલેક્ટ્રૉનો બે અલગ ઊર્જા બૅન્ડ (જેમને વેલેન્સ બૅન્ડ અને કન્ડક્શન બૅન્ડ કહે છે)માંથી કોઈ એકમાં હોઈ શકે. કન્ડક્શન બૅન્ડ ઊર્જાઓની સરખામણીમાં વેલેન્સ બૅન્ડ ઊર્જા ઓછી હોય છે. વેલેન્સ બૅન્ડના બધાં ઊર્જા સ્તરો ભરાયેલા હોય છે જ્યારે કન્ડક્શન બૅન્ડના ઊર્જા સ્તરો સંપૂર્ણ ખાલી કે અધુરા ભરેલા હોઈ શકે. કન્ડક્શન બૅન્ડમાં રહેલાં ઇલેક્ટ્રૉન ઘન પદાર્થમાં ગતિ કરવા માટે મુક્ત હોય છે અને તે વાહકતા માટે જવાબદાર હોય છે. વાહકતાની માત્રા (પ્રમાણ), વેલેન્સ બૅન્ડ (E_V)ના મહત્તમ સ્તર અને કન્ડક્શન બૅન્ડના તળિયા (લઘુત્તમ) સ્તર E_C વચ્ચે ઊર્જા તફાવત (E_g બૅન્ડ ગેપ) પર આધાર રાખે છે. વેલેન્સ બૅન્ડમાં રહેલા ઇલેક્ટ્રૉનને ઉષ્મા, પ્રકાશ અને વિદ્યુતઊર્જા વડે ઉદ્દીપ્ત કરીને કન્ડક્શન બૅન્ડમાં મોકલી શકાય છે, જેથી સેમિકન્ડક્ટરમાં પસાર થતો પ્રવાહ બદલાય છે.
11. અવાહકો માટે $E_g > 3$ *e*V, સેમિકન્ડક્ટરો માટે E_gનું મૂલ્ય 0.2થી 3 *e*V, જ્યારે ધાતુઓ માટે $E_g \approx 0$ હોય છે.
12. બધી અર્ધવાહક રચનાઓ માટે *p-n* જંક્શન મહત્વનું છે. જ્યારે આવું જંક્શન બને છે, ત્યારે ઇલેક્ટ્રૉન અને હોલ ગુમાવેલા હોય તેવું બિન-ગતિશીલ આયન-કેન્દ્રો ધરાવતું 'ડીપ્લેશન સ્તર' રચાય છે. તે જંક્શનના પોટેન્શિયલ બેરિયર માટે જવાબદાર છે.
13. આપેલ બાહ્ય વોલ્ટેજ બદલીને જંક્શન બેરીયર (ની ઊંચાઈ) બદલી શકાય છે. ફોરવર્ડ બાયસમાં (*n*-બાજુ બેટરીના ઋણ છેડા સાથે અને *p*-બાજુ ધન છેડા સાથે જોડેલી હોય છે). બેરીયર (ની ઊંચાઈ) ઘટે છે, જ્યારે રિવર્સ બાયસમાં બેરીયર વધે છે. આથી *p-n* જંક્શન ડાયોડમાં ફોરવર્ડ બાયસ પ્રવાહ વધુ (mA) હોય છે જ્યારે રિવર્સ બાયસમાં પ્રવાહ ઘણો ઓછો (μA) હોય છે.
14. એસી વોલ્ટેજને રેક્ટિફાય કરવા (જે એસી વોલ્ટેજને એક જ દિશામાં વહેવા દે છે) માટે ડાયોડનો ઉપયોગ થાય છે. કેપેસીટર કે યોગ્ય ફિલ્ટરનો ઉપયોગ કરીને ડીસી વોલ્ટેજ મેળવી શકાય છે.
15. કેટલાક વિશિષ્ટ હેતુ માટેના ડાયોડ પણ હોય છે.
16. ઝેનર ડાયોડ આવો જ એક વિશિષ્ટ હેતુ માટેનો ડાયોડ છે. રીવર્સ બાયસમાં, અમુક ચોક્કસ વોલ્ટેજ પછી, ઝેનર ડાયોડમાંથી પસાર થતો પ્રવાહ અચાનક વધે છે (બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ). આ ગુણધર્મનો ઉપયોગ *વોલ્ટેજ રેગ્યુલેશન*માં થાય છે.
17. *p-n* જંક્શનનો ઉપયોગ કેટલાક ફોટોનિક કે ઓપ્ટોઇલેક્ટ્રૉનિક ઉપકરણો બનાવવામાં પણ થાય છે, જેમાં ફોટોન ભાગ લે છે. (a) ફોટોડાયોડમાં ફોટોન વડે ઉદ્દીપન થતાં રિવર્સ સેચ્યુરેશન પ્રવાહ બદલાય છે, જેના પરથી પ્રકાશની તીવ્રતા માપી શકાય છે. (b) સોલર સેલ, ફોટોન ઊર્જાનું વિદ્યુતમાં રૂપાંતર કરે છે. (c) લાઇટ એમિટીંગ ડાયોડ અને લેસર ડાયોડમાં બાયસ વોલ્ટેજ વડે ઇલેક્ટ્રૉનનું ઉદ્દિપન થતાં પ્રકાશ ઉદ્‌ભવે છે.
18. એવા કેટલાક ચોક્કસ પ્રકારના પરિપથો છે, જે 0 અને 1 સ્તર ધરાવતા ડિજિટલ ડેટા સાથે કામ પાર પાડે છે. તે ડિજિટલ ઇલેક્ટ્રૉનિક્સના વિષયમાં આવે છે.
19. ચોક્કસ પ્રકારના લોજિક કાર્યો કરતા અગત્યના ડિજિટલ પરિપથોને લોજિક ગેટ કહે છે : તેઓ OR, AND, NOT, NAND અને NOR ગેટ છે.

ગહન વિચારણાના મુદ્દાઓ

1. સેમિકન્ડક્ટરોમાં ઊર્જા પટો (E_C અથવા E_V) પદાર્થમાં કોઈ ચોક્કસ સ્થાન પર ગોઠવાયેલા હોતા નથી. આ ઊર્જાઓ તેમના સમગ્રપણે સરેરાશ મૂલ્યો હોય છે. જ્યારે તમે ચિત્રમાં E_C કે E_Vને સીધી (આડી) રેખા તરીકે જુઓ ત્યારે તેમનો અર્થ એ સમજવો જોઈએ કે તે અનુક્રમે કન્ડક્શન બૅન્ડના ઊર્જા સ્તરોનું *તળિયું* કે વેલેન્સ બૅન્ડના ઊર્જા સ્તરોનું *ટોચનું* સ્તર છે.
2. તાત્વિક સેમિકન્ડક્ટર (Si કે Ge)માંથી *n*-પ્રકાર કે *p*-પ્રકારના સેમિકન્ડક્ટર મેળવવા તેમાં 'ડોપન્ટ'ને અશુદ્ધિ તરીકે ઉમેરવામાં આવે છે. સંયોજન સેમિકન્ડક્ટરમાં તેમના સાપેક્ષ પ્રમાણમાં ફેરફાર કરવાથી સેમિકન્ડક્ટરનો પ્રકાર બદલી શકાય છે. ઉદાહરણ તરીકે, આદર્શ

GaAsમાં Ga : Asનો ગુણોત્તર 1 : 1 છે પરંતુ Ga-Rich અથવા As-Richમાં તે પ્રમાણ અનુક્રમે $Ga_{1.1}As_{0.9}$ અથવા $Ga_{0.9}As_{1.1}$ હોઈ શકે. વ્યાપક રૂપે અશુદ્ધિઓનું પ્રમાણ, સેમીકન્ડક્ટરના ગુણધર્મો ઘણી રીતે બદલે છે.

3. વર્તમાન સમયના પરિપથમાં ઘણા લોજિક ગેટ કે પરિપથો એક જ 'ચીપ' પર રચવામાં આવે છે (ઇન્ટિગ્રેટ કરવામાં આવે છે). તેમને ઇન્ટિગ્રેટેડ સર્કિટ (IC) કહે છે.

સ્વાધ્યાય

14.1 n-પ્રકારના સિલિકોન માટે નીચેના વિધાનોમાંથી કયું સાચું છે ?

(a) ઇલેક્ટ્રૉન મેજોરિટી વાહકો છે અને ટ્રાઈવેલન્ટ પરમાણુઓ ડોપન્ટ છે.

(b) ઇલેક્ટ્રૉન માઇનોરિટી વાહકો છે અને પેન્ટાવેલન્ટ પરમાણુઓ ડોપન્ટ છે.

(c) હોલ્સ માઈનોરિટી વાહકો છે અને પેન્ટાવેલન્ટ પરમાણુઓ ડોપન્ટ છે.

(d) હોલ્સ મેજોરિટી વાહકો છે અને ટ્રાઈવેલન્ટ પરમાણુઓ ડોપન્ટ છે.

14.2 p-પ્રકારના સેમિકન્ડક્ટર માટે સ્વાધ્યાય 14.1માં આપેલ કયા વિધાન સત્ય છે ?

14.3 કાર્બન, સિલિકોન અને જર્મેનિયમ દરેકને ચાર વેલેન્સ ઇલેક્ટ્રોન હોય છે. તેમને અનુક્રમે $(E_g)_C$, $(E_g)_{Si}$ અને $(E_g)_{Ge}$ જેટલા ઊર્જા બૅન્ડ ગેપ વડે છુટા પાડતા વેલેન્સ અને કન્ડકશન બૅન્ડ વડે દર્શાવવામાં આવે છે. નીચેનામાંથી કયું વિધાન સત્ય છે ?

(a) $(E_g)_{Si} < (E_g)_{Ge} < (E_g)_C$

(b) $(E_g)_C < (E_g)_{Ge} > (E_g)_{Si}$

(c) $(E_g)_C > (E_g)_{Si} > (E_g)_{Ge}$

(d) $(E_g)_C = (E_g)_{Si} = (E_g)_{Ge}$

14.4 બાયસિંગ કર્યા વગરના p-n જંકશનમાં, હોલ p-વિસ્તારમાંથી n-વિસ્તારમાં વિસરણ (Diffuse) પામે છે કારણ કે,

(a) n-વિસ્તારના મુક્ત ઇલેક્ટ્રૉન તેમને આકર્ષે છે.

(b) તેઓ સ્થિતિમાન તફાવતના કારણે જંકશનમાં થઈને ગતિ કરે છે.

(c) p-વિસ્તારમાં હોલની સંખ્યા-ઘનતા n-વિસ્તાર કરતાં વધુ હોય છે.

(d) ઉપરના બધા.

14.5 જ્યારે p-n જંકશનને ફોરવર્ડ બાયસ આપવામાં આવે, ત્યારે તે

(a) પોટેન્શિયલ બેરિયર (ની ઊંચાઈ) વધારે છે.

(b) બહુમતી વાહકોનો પ્રવાહ ઘટાડીને શૂન્ય કરે છે.

(c) પોટેન્શિયલ બેરિયલ (ની ઊંચાઈ) ઘટાડે છે.

(d) ઉપરનામાંથી એકપણ નહીં.

14.6 અર્ધ તરંગ રેક્ટિફિકેશનમાં ઈનપુટ આવૃત્તિ 50 Hz હોય તો આઉટપુટ આવૃત્તિ કેટલી હશે ? આ જ ઈનપુટ આવૃત્તિ માટે પૂર્ણ તરંગ રેક્ટિફાયરની આઉટપુટ આવૃત્તિ કેટલી હશે ?

14.7 2.8 eVની બૅન્ડ ગેપ ધરાવતા સેમીકન્ડક્ટરમાંથી p-n ફોટો ડાયોડ બનાવેલ છે. શું તે 6000 nmની તરંગલંબાઈની પરખ (Detect) કરી શકશે ?

વધારાના સ્વાધ્યાય

14.8 એક m^3 દીઠ સિલિકોનના પરમાણુઓની સંખ્યા 5×10^{28} છે. તેને એક જ સમયે (એક સાથે) આર્સેનિકના 5×10^{22} પરમાણુ/m^3 અને ઈન્ડિયમના 5×10^{20} પરમાણુ/m^3 વડે ડોપિંગ કરવામાં આવે છે. ઇલેક્ટ્રૉન અને હોલની સંખ્યા ગણો. આપેલ છે કે $n_i = 1.5 \times 10^{16}/m^3$. આ દ્રવ્ય n-પ્રકારનું કે p-પ્રકારનું હશે ?

14.9 ઈન્ટ્રિન્ઝિક (શુદ્ધ) સેમીકન્ડક્ટરમાં ઊર્જા તફાવત $E_g = 1.2\ eV$ છે. તેની હોલ ગતિશીલતા, ઇલેક્ટ્રૉનની ગતિશીલતા (Mobility) કરતાં ઘણી ઓછી છે અને તે તાપમાન પર આધારિત નથી. તો 600 K અને 300 K તાપમાને તેની વાહકતાનો ગુણોત્તર કેટલો હશે ? શુદ્ધ (ઈન્ટ્રિન્ઝિક) વાહકની સંખ્યા ઘનતા nનો તાપમાન પરનો આધાર, સમીકરણ

$$n_i = n_0 \exp\left(-\frac{E_g}{2k_BT}\right)$$ વડે અપાય છે તેમ ધારો.

અહીંયા, n_o એ અચળાંક છે.

14.10 p-n જંક્શન ડાયોડમાં, પ્રવાહ Iનું સમીકરણ આ મુજબ છે :

$$I = I_0 \exp\left(\frac{eV}{2k_BT} - 1\right)$$

જ્યાં, I_0ને રિવર્સ સેચ્યુરેશન પ્રવાહ કહે છે, V એ ડાયોડના છેડાઓ વચ્ચે લાગતો વોલ્ટેજ છે. જે ફોરવર્ડ બાયસ માટે ધન અને રિવર્સ બાયસ માટે ઋણ છે, તથા I એ ડાયોડમાંથી પસાર થતો પ્રવાહ, k_B બૉલ્ટ્ઝમાન અચળાંક (8.6×10^{-5} eV/K) અને T નિરપેક્ષ તાપમાન છે. જો આપેલ ડાયોડ માટે $I_0 = 5 \times 10^{-12}$ A અને T = 300 K હોય, તો

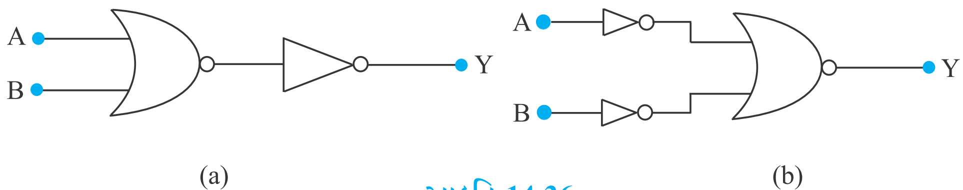
(*a*) 0.6 V જેટલા ફોરવર્ડ વોલ્ટેજ માટે ફોરવર્ડ પ્રવાહ કેટલો હશે ?

(*b*) જો ડાયોડ પરનો વોલ્ટેજ વધારીને 0.7 V કરવામાં આવે તો તેમાંથી પસાર થતાં પ્રવાહમાં કેટલો વધારો થશે ?

(*c*) ડાયનેમિક ચલ (Dynamic) અવરોધ કેટલો હશે ?

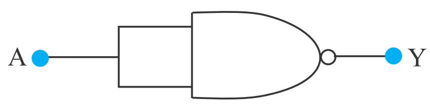
(*d*) જો રિવર્સ બાયસ વોલ્ટેજ 1 Vથી 2 V થાય તો પ્રવાહનું મૂલ્ય શોધો.

14.11 આકૃતિ 14.36માં દર્શાવ્યા મુજબ તમને બે પરિપથ આપવામાં આવ્યા છે. દર્શાવો કે પરિપથ (*a*) OR ગેટ તરીકે અને પરિપથ (*b*) AND ગેટ તરીકે કામ કરે છે.



આકૃતિ 14.36

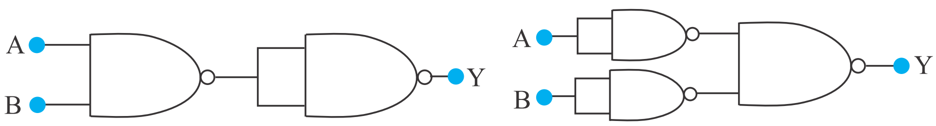
14.12 આકૃતિ 14.37માં દર્શાવ્યા મુજબ જોડેલ NAND ગેટના પરિપથ માટે ટ્રુથ ટેબલ લખો.



આકૃતિ 14.37

આ પરથી આ પરિપથ વડે થતું ચોક્કસ લોજિક કાર્ય (Operation) જણાવો.

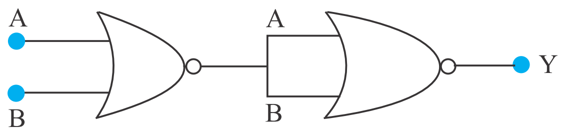
14.13 આકૃતિ 14.38માં દર્શાવ્યા મુજબ તમને NAND ગેટના બનેલા બે પરિપથ આપવામાં આવ્યા છે. આ બંને પરિપથો વડે થતું લોજિક ઓપરેશન નક્કી કરો.



(a) (b)

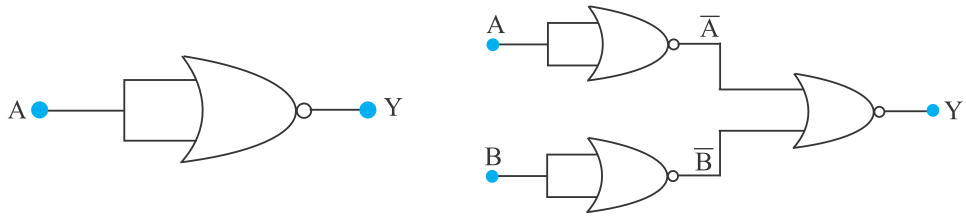
આકૃતિ 14.38

14.14 NOR ગેટનો ઉપયોગ કરીને બનેલા નીચેની આકૃતિ 14.39માં આપેલ પરિપથ માટે ટ્રુથ ટેબલ લખો અને આ પરિપથ કયું લોજિક ઓપરેશન (OR, AND, NOT) કરે છે તે નક્કી કરો.
(Hint : જો A = 0, B = 1 તો બીજા NOR ગેટના A અને B ઈનપુટ 0 હશે અને તેથી Y = 1. તે જ રીતે A અને Bના બીજા મૂલ્યો માટે Yના મૂલ્યો શોધો. આ ટ્રુથ ટેબલને OR, AND, NOT ગેટના ટ્રુથ ટેબલ સાથે સરખાવો અને સાચો જવાબ શોધો).



આકૃતિ 14.39

14.15 માત્ર NOR ગેટનો ઉપયોગ કરીને આકૃતિ 14.40 મુજબ બનતા પરિપથો માટે ટ્રુથ ટેબલ લખો. આ પરિપથો વડે થતા લોજિક ઓપરેશન (OR, AND, NOT) નક્કી કરો.



(a) (b)

આકૃતિ 14.40

પરિશિષ્ટ (APPENDICES)

પરિશિષ્ટ A 1
ગ્રીક આલ્ફાબેટ

આલ્ફા (Alpha)	A	α	ન્યુ (Nu)	N	ν
બીટા (Beta)	B	β	ક્ઝાઈ (Xi)	Ξ	ξ
ગામા (Gamma)	Γ	γ	ઓમિક્રોન (Omicron)	O	o
ડેલ્ટા (Delta)	Δ	δ	પાઈ (Pi)	Π	π
એપ્સિલોન (Epsilon)	E	ε	ર્હો (Rho)	P	ρ
ઝીટા (Zeta)	Z	ς	સિગ્મા (Sigma)	Σ	σ
ઈટા (Eta)	H	η	ટાઉ (Tau)	T	τ
થીટા (Theta)	Θ	θ	અપ્સિલોન (Upsilon)	Y	υ
આયોટા (Iota)	I	ι	ફાઈ (Phi)	Φ	ϕ, φ
કેપ્પા (Kappa)	K	κ	ઝાઈ (Chi)	X	χ
લૅમ્ડા (Lambda)	Λ	λ	સાઈ (Psi)	Ψ	ψ
મ્યુ (Mu)	M	μ	ઓમેગા (Omega)	Ω	ω

પરિશિષ્ટ A 2
ગુણકો અને અપૂર્ણાંક ગુણકો માટે સામાન્ય SI પૂર્વગો અને પ્રતિકો

અવયવ	પૂર્વગ	પ્રતિક	અવયવ	પૂર્વગ	પ્રતિક
10^{18}	એક્ઝા (Exa)	E	10^{-18}	ઍટો (atto)	a
10^{15}	પેટા (Peta)	P	10^{-15}	ફેમ્ટો (femto)	f
10^{12}	ટેરા (Tera)	T	10^{-12}	પિકો (pico)	p
10^{9}	ગિગા (Giga)	G	10^{-9}	નેનો (nano)	n
10^{6}	મેગા (Mega)	M	10^{-6}	માઈક્રો (micro)	μ
10^{3}	કિલો (kilo)	k	10^{-3}	મિલિ (milli)	m
10^{2}	હેક્ટો (Hecto)	h	10^{-2}	સેન્ટિ (centi)	c
10^{1}	ડેકા (Deca)	da	10^{-1}	ડેસિ (deci)	d

પરિશિષ્ટ A 3
કેટલાક અગત્યના અચળાંકો

નામ	પ્રતિક	મૂલ્ય
શૂન્યાવકાશમાં પ્રકાશની ઝડપ	c	2.9979×10^{8} m s^{-1}
ઈલેક્ટ્રૉનનો વિદ્યુતભાર	e	1.602×10^{-19} C
ગુરુત્વાકર્ષી અચળાંક	G	6.673×10^{-11} N m^{2} kg $^{-2}$
પ્લાન્ક અચળાંક	h	6.626×10^{-34} J s
બોલ્ટ્ઝમૅન અચળાંક	k	1.381×10^{-23} J K^{-1}
ઍવોગેડ્રો અંક	N_A	6.022×10^{23} mol^{-1}
સાર્વત્રિક વાયુ-અચળાંક	R	8.314 J mol^{-1}K^{-1}
ઈલેક્ટ્રૉનનું દળ	m_e	9.110×10^{-31} kg
ન્યુટ્રૉનનું દળ	m_n	1.675×10^{-27} kg
પ્રોટોનનું દળ	m_p	1.673×10^{-27} kg
ઈલેક્ટ્રૉનના વિદ્યુતભાર અને દળનો ગુણોત્તર	e/m_e	1.759×10^{11} C/kg
ફેરેડે અચળાંક	F	9.648×10^{4} C/mol
રીડબર્ગ અચળાંક	R	1.097×10^{7} m^{-1}
બોહ્ર ત્રિજ્યા	a_0	5.292×10^{-11} m
સ્ટીફન-બોલ્ટ્ઝમૅન અચળાંક	σ	5.670×10^{-8} W m^{-2}K^{-4}
વીનનો અચળાંક	b	2.898×10^{-3} m K
શૂન્યાવકાશનો પરાવૈદ્યુતાંક (પરમિટીવીટી)	ε_0 $1/4\pi\varepsilon_0$	8.854×10^{-12} C^{2}N^{-1}m^{-2} 8.987×10^{9} N m^{2}C^{-2}
શૂન્યાવકાશની પારગમ્યતા (પરમિએબીલીટી)	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}$ T m A^{-1} $\cong 1.257 \times 10^{-6}$ Wb A^{-1}m^{-1}

બીજા ઉપયોગી અચળાંકો

નામ	પ્રતિક	મૂલ્ય
ઉષ્માનો યાંત્રિક તુલ્યાંક	J	4.186 J cal^{-1}
પ્રમાણભૂત વાતાવરણનું દબાણ	1 atm	1.013×10^{5} Pa
નિરપેક્ષ શૂન્ય	0 K	−273.15 °C
ઈલેક્ટ્રૉન વૉલ્ટ	1 eV	1.602×10^{-19} J
યુનિફાઈડ એટોમિક માસ યુનિટ	1 u	1.661×10^{-27} kg
ઈલેક્ટ્રૉનની સ્થિરઊર્જા	mc^{2}	0.511 MeV
I u ને સમતુલ્ય ઊર્જા	1 uc^{2}	931.5 MeV
આદર્શ વાયુનું કદ (0°C અને 1 વાતા.)	V	22.4 L mol^{-1}
ગુરુત્વપ્રવેગ (વિષુવવૃત્ત પાસે દરિયાની સપાટીએ)	g	9.78049 m s^{-2}

જવાબો (Answers)

પ્રકરણ 9

9.1 $\upsilon = -54$ cm પ્રતિબિંબ વાસ્તવિક, ઊંધુ અને મોટું. પ્રતિબિંબની ઊંચાઈ 0.5 cm, જો $u \to f$ તો $\upsilon \to \infty$, $u < f$ માટે પ્રતિબિંબ આભાસી

9.2 $\upsilon = 6.7$ cm, મોટવણી 5/9 એટલે કે પ્રતિબિંબનાં પરિમાણ 2.5 cm
જો $u \to \infty$, તો $\upsilon \to f$ (પરંતુ તેથી દૂર નહિ) અને $m \to 0$

9.3 1.33; 1.7 cm

9.4 $n_{ga} = 1.51$; $n_{wa} = 1.32$; $n_{gw} = 1.144$ જે પરથી,
$\sin r = 0.6181$ એટલે કે $r \cong 38^{\circ}$ મળે છે.

9.5 $r = 0.8 \times \tan i_c$ અને $\sin i_c = 1/1.33 \cong 0.75$ જ્યાં r, જ્યાંથી પ્રકાશ બહાર આવે છે તે મોટામાં મોટા વર્તુળની ત્રિજ્યા (m માં) છે. અને i_c પાણી-હવાની આંતર સપાટીએ ક્રાંતિકોણ છે, ક્ષેત્રફળ $= 2.6$ m^2

9.6 $n \cong 1.53$ અને પાણીમાં રહેલા પ્રિઝમ માટે $D_m \cong 10^{\circ}$

9.7 R = 22 cm

9.8 અહીં, વસ્તુ આભાસી અને પ્રતિબિંબ વાસ્તવિક છે. $u = +12$ cm (વસ્તુની જમણી બાજુએ છે, આભાસી)

(a) $f = 20$ cm, પ્રતિબિંબ વાસ્તવિક અને લેન્સથી 7.5 cm અંતરે તેની જમણી બાજુએ છે.

(b) $f = -16$ cm, પ્રતિબિંબ વાસ્તવિક અને લેન્સથી 48 cm અંતરે તેની જમણી બાજુએ છે.

9.9 $\upsilon = 8.4$ cm, પ્રતિબિંબ આભાસી અને સીધું (ચત્તું) છે. તેનાં પરિમાણ 1.8 cm સુધી ઘટેલા છે. જેમ $u \to \infty$, $\upsilon \to f$ (પરંતુ fની દૂર નહિ, જો કે $m \to 0$) નોંધો કે અંતર્ગોળ લેન્સનાં મુખ્યકેન્દ્ર (21 cm)પર મૂકતાં પ્રતિબિંબ 10.5 cm પર મળે છે. (કોઈ ભુલથી વિચારે કે અનંત અંતરે છે તેમ નહિ.)

9.10 60 cm કેન્દ્રલંબાઈવાળો અપસારી લેન્સ.

9.11 (a) $\upsilon_e = -25$ cm અને $f_e = 6.25$ cm પરથી $u_e = -5$ cm; $\upsilon_0 = (15 - 5)$cm $= 10$ cm;
$f_0 = u_0 = -2.5$ cm, મેગ્નિફાઇંગ પાવર = 20

(b) $u_0 = -2.59$ cm, મેગ્નિફાઇંગ પાવર = 13.5

9.12 25 cm અંતરે આવેલ પ્રતિબિંબ માટે નેત્ર કાચની કોણીય મોટવણી $= \frac{25}{2.5} + 1 = 11$;
$|u_e| = \frac{25}{11}$ cm $= 2.27$ cm; $\upsilon_0 = 7.2$ cm, અંતર $= 9.47$ cm, મેગ્નિફાઇંગ પાવર = 88

9.13 24; 150 cm

9.14 (a) કોણીય મોટવણી = 1500

(b) પ્રતિબિંબનો વ્યાસ = 13.7 cm

9.15 આપેલ સ્થિતિ માટે ઈચ્છિત પરિણામો તારવવા અરીસાનું સૂત્ર લાગુ પાડતાં,

(a) $f < 0$ (અંતર્ગોળ અરીસો), $u < 0$ (વસ્તુ ડાબી બાજુએ)

(b) $f > 0, u < 0$

(c) $f > 0$ (બહિર્ગોળ અરીસો) અને $u < 0$

(d) $f < 0$ (અંતર્ગોળ અરીસો), $f < u < 0$

9.16 પીનની ઊંચાઈ 5 cm વધે છે. સ્પષ્ટ કિરણ રેખાકૃતિ દ્વારા જોઈ શકાય છે કે જવાબ ચોસલા (સ્લેબ)નાં સ્થાનથી સ્વતંત્ર છે (નાના આપાતકોણ માટે).

9.17 (a) $\sin i'_c = 1.44/1.68$ પરથી $i'_c = 59^\circ$ મળે છે. જ્યારે $i = 59^\circ$ અથવા $r < r_{\max} = 31^\circ$ હોય ત્યારે પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન થાય છે. હવે $(\sin i_{max} / \sin r_{\max}) = 1.68$. જે પરથી $i_m \cong 60^\circ$. આમ, આપાત થતા બધા જ કિરણો કે જેનાં આપાતકોણનો વિસ્તાર $0 < i < 60^\circ$ છે, તે બધા જ પાઈપમાં પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન પામશે. (પાઈપની લંબાઈ પરિમિત હોય (વ્યવહારમાં આવું હોય છે) તો i નું કંઈક લઘુત્તમ સિમાંત મૂલ્ય હોય છે, જે પાઈપનાં વ્યાસ અને લંબાઈનાં ગુણોત્તર દ્વારા મેળવી શકાય છે.)

(b) પાઈપનાં બહારના ભાગ પર કોઈ જ આવરણ ચઢાવેલ ન હોય; તો, $i'_c = \sin^{-1}(1/1.68) = 36.5^\circ$. હવે, $i = 90^\circ$ પરથી $r = 36.5^\circ$ અને $i' = 53.5^\circ$ જે i'_c કરતાં મોટું મૂલ્ય છે. આમ, બધા જ આપાત કિરણો (જેનાં આપાતકોણનો વિસ્તાર $53.5^\circ < i < 90^\circ$) પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન અનુભવશે.

9.18 (a) સમતલ અથવા બહિર્ગોળ અરીસાની પાછળ કોઈ એક બિંદુએ અભિસારિત થતાં કિરણો અરીસાની સામે કે પડદા પર કોઈ એક બિંદુ પર પરાવર્તન પામે છે. બીજા શબ્દોમાં જો વસ્તુ આભાસી હોય તો સમતલ અથવા બહિર્ગોળ અરીસા વડે વાસ્તવિક પ્રતિબિંબ મેળવી શકાય. યોગ્ય કિરણ રેખાકૃતિ ,આ બાબત દોરી તમારી જાતે ખાતરી કરો.

(b) જ્યારે પરાવર્તિત અથવા વક્રીભૂત કિરણો અપસારી (એકબીજાથી દૂર જતા) હોય ત્યારે પ્રતિબિંબ આભાસી હોય છે. અપસારિત કિરણોને યોગ્ય અભિસારિત લેન્સ દ્વારા પડદા પર કેન્દ્રિત કરી શકાય છે. આંખનો બહિર્ગોળ લેન્સ આવું જ કરે છે. અહીં, આભાસી પ્રતિબિંબ લેન્સ માટે વસ્તુ તરીકે વર્તે છે, જેથી વાસ્તવિક પ્રતિબિંબ રચે છે. નોંધો કે અહીં આભાસી પ્રતિબિંબનાં સ્થાને પડદોરહેલ નથી. અહીં કોઈ વિરોધાભાસ નથી.

(c) ઊંચું.

(d) ત્રાંસી નજરે જોતાં મળતી આભાસી ઊંડાઈ, લંબની નજીકથી જોતાં મળતી ઊંચાઈ કરતાં ઓછી હોય છે. આ બાબતની તમે જાતે ચકાસણી અવલોકનકારની જુદી-જુદી સ્થિતિ માટેની કિરણ રેખાકૃતિ દોરીને કરી શકો છો.

(e) સામાન્ય કાચનાં વક્રીભવનાંક (1.5) કરતાં હીરાનો વક્રીભવનાંક (2.42) ઘણો વધુ છે. હીરા માટે ક્રાંતિકોણ (24°) કાચ માટેના ક્રાંતિકોણ કરતાં ઘણો ઓછો છે. કુશળ હીરાના કારીગરો (હીરામાં) આપાતકોણની વિશાળ શ્રેણી (24° થી 90°) તૈયાર કરે છે. જેથી હીરામાં પ્રવેશતો પ્રકાશ બહાર નીકળતાં પહેલાં ઘણી બધી સપાટીઓ પરથી પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન અનુભવે છે. આમ, હીરો ઝગારા મારતી (sparkling) અસર દર્શાવે છે.

9.19 વસ્તુ અને પડદા વચ્ચેનાં નિશ્ચિત અંતર s માટે જો f નું મૂલ્ય $s/4$ કરતાં મોટું હોય તો લેન્સ સમીકરણ u અથવા v નો સાચો ઉકેલ આપી શકતું નથી. તેથી $f_{\max} = 0.75$ m

9.20 21.4 cm

9.21 (a) (i) ધારોકે ધારોકે પ્રથમ બહિર્ગોળ લેન્સ પર તેની ડાબી તરફથી સમાંતર કિરણ જૂથ આપાત થાય છે. $f_1 = 30$ cm અને $u_1 = -\infty$, $\upsilon_1 = 30$ cm. આ પ્રતિબિંબ બીજા લેન્સ માટે આભાસી વસ્તુ બને છે. $f_2 = -20$ cm, $u_2 = +(30 - 8)$ cm $= +22$ cm તે પરથી $\upsilon_2 = -220$ cm. બે લેન્સથી બનેલા તંત્રનાં કેન્દ્રથી 216 cm અંતરે આપાત સમાંતર કિરણ જૂથ અપસારિત (ફેલાતું) લાગે છે.

(ii) ધારો કે પ્રથમ અંતર્ગોળ લેન્સની ડાબી બાજુએથી તેનાં પર સમાંતર કિરણ જૂથ આપાત થાય છે.

$f_1 = -20$ cm, $u_1 = -\infty$ જે પરથી $\upsilon_1 = -30$ cm મળશે. આ પ્રતિબિંબ બીજા લેન્સ માટે વાસ્તવિક વસ્તુ બને છે, $f_2 = +30$ cm, $u_2 = -(20 + 8)$ cm $= -28$ cm, જે પરથી $\upsilon_2 = -420$ cm મળશે. બે લેન્સથી બનેલા તંત્રનાં કેન્દ્રથી ડાબી બાજુ 416 cm અંતરે આપાત સમાંતર કિરણ જૂથ અપસારિત (ફેલાતું) લાગે છે.

સ્પષ્ટ છે કે લેન્સથી બનેલા તંત્ર પર આપાત સમાંતર કિરણ જૂથ કઈ બાજુએથી આપાત થાય છે. તે પર જવાબનો આધાર છે. *વધુમાં આપણી પાસે તંત્રનાં ચોક્કસ અચળાંક (f_1, f_2 અને બે લેન્સ વચ્ચેનાં અંતર વડે નક્કી થતો અચળાંક)નાં પદમાં બધા જ u (અને υ) માટે સાચું હોય તેવું સરળ લેન્સ સમીકરણ નથી.* આ તંત્ર માટે અસરકારક કેન્દ્રલંબાઈનો ખ્યાલ અર્થસભર જણાતો નથી.

(b) $u_1 = -40$ cm, $f_1 = 30$ cm પરથી $\upsilon_2 = 120$ cm પ્રથમ (બહિર્ગોળ) લેન્સને કારણે મોટવણીનું માન 3 છે.

$u_2 = +(120 - 8)$ cm $= +112$ cm (વસ્તુ આભાસી);

$f_2 = -20$ cm જે પરથી $\upsilon_2 = \dfrac{-112 \times 20}{92}$ cm

બીજા (અંતર્ગોળ) લેન્સને કારણે મોટવણીનું માન $= 20/92$.

કુલ મોટવણીનું માન $= 0.652$

પ્રતિબિંબનું પરિમાણ $= 0.98$ cm

9.22 જો પ્રિઝમમાં વક્રીભવન પામતું કિરણ તેની બીજી સપાટી પર i_c જેટલા ક્રાંતિકોણે આપાત થતું હોય તો પ્રથમ સપાટીએ વક્રીભૂત કોણ $r = (60^\circ - i_c^\circ)$ હવે, $i_c = \sin^{-1}[1/1.524] \simeq 41^\circ$ માટે $r = 19^\circ$, $\sin i = 0.4962$; $i \simeq 30^\circ$

9.23 (a) $\frac{1}{\upsilon} + \frac{1}{9} = \frac{1}{10}$ એટલેકે, $\upsilon = -90$ cm

મોટવણીનું માન $= 90/9 = 10$

આભાસી પ્રતિબિંબમાં દરેક ચોરસનું ક્ષેત્રફળ $= 10 \times 10 \times 1\ \text{mm}^2 = 100\ \text{mm}^2$ $= 1\ \text{cm}^2$

(b) મેગ્નિફાઈંગ પાવર $= 25/9 = 2.8$

(c) ના, પ્રકાશીય ઉપકરણો માટે લેન્સ વડે પ્રતિબિંબની મોટવણી અને કોણીય મોટવણી (અથવા મેગ્નિફાઈંગ પાવર) બે જુદી બાબતો છે. આમાંનું બીજું (કોણીય મોટવણી) એ વસ્તુનું કોણીય માપ (જે પ્રતિબિંબ વિવર્ધિત થયેલું હોય તો પણ પ્રતિબિંબના કોણીય માપ જેટલું છે) અને વસ્તુને નજીક બિંદુએ (25 cm) મૂકીએ ત્યારે વસ્તુનું કોણીય માપ એ બે નો ગુણોત્તર છે. આમ, મોટવણીનું માન $|(\upsilon/u)|$ છે અને મેગ્નિફાઈંગ પાવર $(25/|u|)$ છે. પ્રતિબિંબ જ્યારે નજીકબિંદુએ રચાતું હોય $|\upsilon| = 25$ cm, માત્ર એ સ્થિતિમાં જ બંને રાશિઓ સમાન હોય છે.

9.24 (a) જ્યારે પ્રતિબિંબ નજીકતમ બિંદુ (25 cm) પર હોય ત્યારે મહત્તમ મેગ્નિફાઈંગ પાવર મળે છે. $u = -7.14$ cm

(b) મોટવણીનું માન $= (25/|u|) = 3.5$

(c) મેગ્નિફાઈંગ પાવર $= 3.5$

હા, મોટવણીનું માન અને મેગ્નિફાઈંગ પાવર (જ્યારે પ્રતિબિંબ 25 cm અંતરે રચાય ત્યારે) સમાન હોય છે.

9.25 મોટવણી $= \sqrt{6.25/1} = 2.5$

$\upsilon = +2.5\,u$

$$+\frac{1}{2.5u} - \frac{1}{u} = \frac{1}{10}$$

એટલે કે, $u = -6$ cm $|\upsilon| = 15$ cm

આભાસી પ્રતિબિંબ સામાન્ય નજીકતમ બિંદુ (25 cm)ની નજીક છે અને આંખ વડે સ્પષ્ટ રીતે જોઈ શકાશે નહિ.

9.26 (a) પ્રતિબિંબનું નિરપેક્ષ પરિમાણ વસ્તુનાં પરિમાણ કરતાં મોટું હોવા છતાં પ્રતિબિંબનું કોણીય પરિમાણ વસ્તુના કોણીય પરિમાણ જેટલું છે. મેગ્નિફાયર નીચે મુજબ મદદ કરે છે, તેના વગર વસ્તુને 25 cmની નજીક મુકી શકાશે નહિ. તેની મદદથી જ વસ્તુને ઘણી નજીક મુકી શકાશે. નજીક મુકેલી વસ્તુનું કોણીય માપ તે જ વસ્તુને 25 cm અંતરે મૂકતાં મળતાં કોણીય પરિમાણ કરતાં વધુ હશે. આ અર્થમાં કોણીય મોટવણી મેળવી શકાય છે.

(b) હા, તે થોડુંક ઘટશે. કારણકે લેન્સ સાથે આંતરાતાં ખૂણા કરતાં આંખ સાથે આંતરાતો ખૂણો થોડોક ઓછો હોય છે. જો પ્રતિબિંબ ખૂબ મોટા અંતરે રચાતું હોય તો આ અસરોને અવગણી શકાય છે. (*નોંધ* : જ્યારે લેન્સથી આંખ દૂર હોય ત્યારે પ્રથમ વસ્તુ વડે અને તેના પ્રતિબિંબ વડે આંખ સાથે આંતરાતા ખૂણા સમાન હોતા નથી.)

(c) નાની કેન્દ્રલંબાઈવાળા લેન્સનું સંયોજન સરળ નથી. વધુ અગત્યનું તે છે કે, જો તમે કેન્દ્રલંબાઈ ઘટાડો છો તો લેન્સની બંને ક્ષતિઓ (ગોળીય અને વર્ણની) વધુ પ્રબળ બને છે. તેથી વ્યવહારમાં સાદા બહિર્ગોળ લેન્સ સાથે મેગ્નિફાઈંગ પાવર 3 થી મોટો મેળવી શકાતો નથી. ક્ષતિઓ સુધારેલા લેન્સ તંત્રની મદદથી આ મર્યાદા 10 ગણી કે તેનાથી વધુ કરી શકાય છે.

(d) જો f_e નાની હોય તો નેત્રકાચની કોણીય મોટવણી $[(25/f_e) + 1]$ (f_e cmમાં) છે, તે f_e નાનું હોય તો વધે છે. વધુમાં ઓબ્જેક્ટીવની મોટવણી $\dfrac{\upsilon_0}{|u_0|} = \dfrac{1}{(|u_0|/f_0)-1}$ વડે આપી શકાય છે.

જ્યારે f_0 કરતાં $|u_0|$ સ્હેજ મોટો હોય ત્યારે તે મોટી હોય છે. પાસપાસે રહેલી વસ્તુઓને જોવા માટે માઈક્રોસ્કોપનો ઉપયોગ થાય છે. તેથી $|u_0|$ નાનું છે અને તેથી f_0 પણ.

(e) આઈ-પિસમાં ઓબ્જેક્ટિવનું પ્રતિબિંબ આઈ-રીંગ તરીકે ઓળખાય છે. વસ્તુમાંથી આવતા તમામ કિરણો ઓબ્જેક્ટિવમાંથી વક્રીભવન પામી આઈ-રીંગમાંથી પસાર થાય છે. આથી, આંખ દ્વારા નિહાળવાનું આ એક આદર્શ સ્થાન છે. જો આપણે આપણી આંખો આઈ-પીસની ખૂબ નજીક રાખીએ છીએ તો આપણે વધુ પ્રકાશ મેળવી શકતા નથી અને જોવા માટેનું ક્ષેત્ર પણ ઘટે છે. જો આપણે આપણી આંખ આઈ-રીંગ પર અને આપણી આંખની

કીકીનું ક્ષેત્રફળ આઈરીંગ જેટલું કે તેનાથી મોટું રહે તેમ ગોઠવીએ તો ઓબ્જેક્ટિવ પરથી વક્રીભવન પામતા તમામ કિરણો આપણી આંખ મેળવે છે. ઓબ્જેક્ટિવ અને આઈ-પીસ વચ્ચેનાં અંતર પર આઈ-રીંગના સચોટ સ્થાનનો આધાર છે. જ્યારે માઈક્રોસ્કોપનાં એક છેડે તમે તમારી આંખ મૂકીને જુઓ છો ત્યારે આંખ અને આઈ-પીસ વચ્ચેનું આદર્શ અંતર સામાન્ય રીતે સાધન (માઈક્રોસ્કોપ)ની ડિઝાઈનમાં જ તૈયાર કરેલું હોય છે.

9.27 માઈક્રોસ્કોપ સામાન્ય ઉપયોગમાં છે તેમ ધારો, એટલે કે પ્રતિબિંબ 25 cm અંતરે છે.

આઈપીસની કોણીય મોટવણી $= \frac{25}{5} + 1 = 6$

ઓબ્જેક્ટિવની મોટવણી $= \frac{30}{6} = 5$

$\frac{1}{5u_0} - \frac{1}{u_0} = \frac{1}{1.25}$. તે પરથી,

$u_0 = -1.5$ cm, $\upsilon_0 = 7.5$ cm, $|u_e| = (25/6)$ cm $= 4.17$ cm મળે છે. ઓબ્જેક્ટિવ અને આઈ-પીસ વચ્ચેનું અંતર $(7.5 + 4.17)$ cm $= 11.67$ cm હોવું જોઈએ. ઉપરાંત ઈચ્છિત મોટવણી મેળવવા માટે વસ્તુને ઓબ્જેક્ટિવથી 1.5 cm અંતરે મૂકવી જોઈએ.

9.28 (a) $m = (f_0/f_e) = 28$

(b) $m = \frac{f_0}{f_e}\left[1 + \frac{f_0}{25}\right] = 33.6$

9.29 (a) $f_0 + f_e = 145$ cm

(b) ટાવર વડે આંતરાતો ખૂણો $= (100/3000) = (1/30)$ rad.

ઓબ્જેક્ટિવ વડે રચાતા પ્રતિબિંબ વડે આંતરાતો ખૂણો $= \frac{h}{f_0} = \frac{h}{140}$

બંને સમીકરણો સરખાવતાં $h = 4.7$ cm

(c) આઈ-પીસની મોટવણી (માન) = 6. અંતિમ પ્રતિબિંબની ઊંચાઈ (માન) = 2.8 cm

9.30 મોટા (અંતર્ગોળ) અરીસા વડે રચાતું પ્રતિબિંબ નાના (બહિર્ગોળ) અરીસા માટે આભાસી વસ્તુ તરીકે વર્તે છે. અનંત અંતરે રહેલી વસ્તુમાંથી આવતા સમાંતર કિરણો મોટા અરીસાથી 110 mm અંતરે કેન્દ્રિત થશે. નાના અરીસા માટે આભાસી વસ્તુનું અંતર $= (110 - 20) = 90$ mm. નાના અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ 70 mm છે. અરીસાનાં સૂત્રનો ઉપયોગ કરતાં નાના અરીસાથી 315 mm અંતરે પ્રતિબિંબ રચાય છે.

9.31 પરાવર્તિત કિરણ અરીસાનાં ભ્રમણ ખૂણા કરતાં બમણું વિચલન અનુભવે છે. માટે $d/1.5 = \tan 7^\circ$, જ્યાં $d = 18.4$ cm

9.32 $n = 1.33$

જવાબો (Answers)

પ્રકરણ 10

10.1 (a) પરાવર્તિત પ્રકાશ : (તરંગલંબાઈ, આવૃત્તિ, ઝડપ આપાત પ્રકાશ જેટલી જ)
$\lambda = 589$ nm, $\nu = 5.09 \times 10^{14}$ Hz, $c = 3.00 \times 10^{8}$ m s^{-1}

(b) વક્રીભૂત પ્રકાશ : (આપાત પ્રકાશ જેટલી જ આવૃત્તિ)
$\nu = 5.09 \times 10^{14}$ Hz
$\upsilon = (c/n) = 2.26 \times 10^{8}$ m s^{-1}, $\lambda = (\upsilon/\nu) = 444$ nm

10.2 (a) ગોળાકાર
(b) સમતલ
(c) સમતલ (ખૂબ જ મોટા ગોળાની સપાટી પરના નાના ક્ષેત્રફળને લગભગ સમતલ લઈ શકાય.)

10.3 (a) 2.0×10^{8} m s^{-1}
(b) ના. માધ્યમમાં વક્રીભવનાંક અને તેથી પ્રકાશની ઝડપ તરંગલંબાઈ ઉપર આધાર રાખે છે. (જ્યારે કોઈ ચોક્કસ તરંગલંબાઈ કે પ્રકાશનો રંગ દર્શાવેલ ના હોય તો આપણે વક્રીભવનાંક પીળા પ્રકાશ માટે આપેલ છે તેમ લઈ શકીએ.) આપણે જાણીએ છીએ કે કાચના પ્રિઝમમાં જાંબલી રંગનું વિચલન લાલ (રાતા) રંગ કરતાં વધુ થાય છે, એટલે કે $n_v > n_r$. તેથી સફેદ પ્રકાશનો જાંબલી ઘટક, રાતા (લાલ) ઘટક કરતા ઓછી ઝડપથી ગતિ કરે છે.

10.4 $\lambda = \dfrac{1.2 \times 10^{-2} \times 0.28 \times 10^{-3}}{4 \times 1.4}$ m $= 600$ nm

10.5 K/4

10.6 (a) 1.17 mm (b) 1.56 mm

10.7 0.15°

10.8 $\tan^{-1}(1.5) \simeq 56.3^{\circ}$

10.9 5000 Å, 6×10^{14} Hz, 45°

10.10 40 m

10.11 $\lambda' - \lambda = \frac{\upsilon}{c}\lambda$ સૂત્રનો ઉપયોગ કરો.
એટલે કે, $\upsilon = \frac{c}{\lambda}(\lambda' - \lambda) = \dfrac{3 \times 10^{8} \times 15}{6563} = 6.86 \times 10^{5}$ m s^{-1}

10.12 વક્રીભવનાંક માટેના કણવાદમાં, પાતળા માધ્યમમાંથી ઘટ્ટ માધ્યમમાં આપાત થતા પ્રકાશના કણો સપાટીને લંબ તરફ આકર્ષણબળ અનુભવે છે. આ વેગના લંબ ઘટકના વધારામાં પરિણમે છે, પરંતુ સપાટીને સમાંતર ઘટક બદલાતો નથી. આનો અર્થ એ થાય કે,
$c \sin i = \upsilon \sin r$ અથવા $\frac{\upsilon}{c} = \dfrac{\sin i}{\sin r} = n$. $n > 1$, હોવાથી $\upsilon > c$.
આ અનુમાન એ પ્રાયોગિક અવલોકનો ($\upsilon < c$)થી વિરૂદ્ધ છે. પ્રકાશનું તરંગ સ્વરૂપ એ પ્રયોગ સાથે સુસંગત છે.

10.13 કેન્દ્ર આગળ બિંદુવત વસ્તુ લઈ અરીસાને સ્પર્શતું વર્તુળ દોરો. આ વસ્તુમાંથી નીકળતા અને અરીસા આગળ હમણાં જ પહોંચેલા ગોળાકાર તરંગઅગ્રનો સમતલીય ભાગ છે. પછી, આ જ તરંગઅગ્રનું અરીસાની હાજરીમાં અને અરીસાની ગેરહાજરીમાં t સમયબાદનું સ્થાન દોરો. તમને અરીસાની બંને બાજુ સંમિત રીતે રહેલ બે ચાપ (Arcs) મળશે. સરળ ભૂમિતિનો ઉપયોગ કરી, પરાવર્તિત તરંગઅગ્રનું કેન્દ્ર (વસ્તુનું પ્રતિબિંબ) વસ્તુ અરીસાથી જેટલા અંતરે છે તેટલા જ અંતરે જોવા મળે છે.

10.14 (a) શૂન્યાવકાશમાં પ્રકાશની ઝડપ અત્રે દર્શાવેલ બધા જ પરિબળો (મુદ્દાઓ) અને અન્ય કોઈ પણ બાબતથી સ્વતંત્ર એક સાર્વત્રિક અચળાંક છે. આશ્ચર્યચકિત કરતું સત્ય એ પણ છે કે તે ઉદ્‌ગમ અને અવલોકનકાર વચ્ચેની સાપેક્ષ ગતિથી પણ સ્વતંત્ર છે. આ હકીકત એ આઈન્સ્ટાઈનના વિશિષ્ટ સાપેક્ષતાવાદ (Special Theory of Relativity)ની મુખ્ય પૂર્વધારણા છે.

(b) માધ્યમમાં પ્રકાશની ઝડપનો આધાર :

(i) ઉદ્‌ગમના પ્રકાર ઉપર આધારિત નથી (તરંગ ઝડપ એ પ્રસરણ પામતા માધ્યમના ગુણધર્મોથી નક્કી થાય છે. આ બીજા પ્રકારના તરંગો માટે પણ સાચું છે, દા.ત., ધ્વનિતરંગો, પાણી પરનાં તરંગો, વગેરે)

(ii) *સમદિગ્‌ધર્મી* માધ્યમો માટે તે પ્રસરણ દિશાથી સ્વતંત્ર છે.

(iii) માધ્યમની સાપેક્ષે ઉદ્‌ગમની ગતિથી સ્વતંત્ર હોય છે, પરંતુ માધ્યમની સાપેક્ષે અવલોકનકારની ગતિ પર આધાર રાખે છે.

(iv) તરંગલંબાઈ ઉપર આધાર રાખે છે.

(v) તીવ્રતાથી સ્વતંત્ર છે. (ઊંચી તીવ્રતા ધરાવતા કિરણપુંજ માટે, સ્થિતિ ખૂબ જ જટીલ હોય છે અને અહીં તે આપણને લાગુ પડતી નથી.)

10.15 ધ્વનિતરંગોનું પ્રસરણ કરાવવા માધ્યમની જરૂર પડે છે. આમ, ભલે સ્થિતિ (i) અને (ii) સમાન સાપેક્ષ ગતિ (ઉદ્‌ગમ અને અવલોકનકાર વચ્ચે)ને આનુષંગિક હોય, પણ તે ભૌતિક રીતે સમાન નથી કારણ કે બંને સ્થિતિઓમાં *માધ્યમની સાપેક્ષે* અવલોકનકારની સાપેક્ષ ગતિ જુદી જુદી રીતે છે. તેથી, આપણે સ્થિતિ (i) અને (ii) માટે ધ્વનિ માટેના ડોપ્લર (અસરના) સૂત્રો સમાન હશે તેમ અપેક્ષા ના રાખી શકીએ. શૂન્યાવકાશમાં પ્રકાશ તરંગો માટે સ્પષ્ટ જ છે કે સ્થિતિ (i) અને (ii) વચ્ચે ભેદ પાડી ના શકાય. અહીં, ઉદ્‌ગમ અને અવલોકનકાર વચ્ચેની સાપેક્ષ ગતિ જ અગત્યની છે અને સાપેક્ષવાદીય (Relativistic) ડોપ્લર સૂત્ર બંને સ્થિતિઓ (i) અને (ii) માટે સમાન છે. પ્રકાશના માધ્યમમાં પ્રસરણ માટે ફરીવાર ધ્વનિ તરંગોની જેમ બંને પરિસ્થિતિઓ સમાન *નથી* અને આપણે બે પરિસ્થિતિઓ (i) અને (ii) માટે જુદા જુદા ડોપ્લર સૂત્રો હશે તેમ વિચારી શકીએ.

10.16 3.4×10^{-4} m

10.17 (a) સૂત્ર : પરિમાણ ~ λ/d મુજબ પરિમાણ અડધું થશે. તીવ્રતા ચારગણી વધશે.

(b) બે-સ્લિટની ગોઠવણીમાં વ્યતિકરણ શલાકાઓની તીવ્રતા એ દરેક સ્લિટથી મળતી વિવર્તન ભાતથી મૉડ્યુલેટ (Modulated) થયેલી હોય છે.

(c) વર્તુળાકાર અડચણની ધાર આગળથી વિવર્તન પામતા તરંગો, પ્રકાશિત કેન્દ્ર ધરાવતા પડછાયાના કેન્દ્ર આગળ સહાયક વ્યતિકરણ અનુભવે છે.

(d) અડચણો/છિદ્રો આગળથી મોટા કોણે વિવર્તન પામતા કે વળતા તરંગો માટે, અડચણો/છિદ્રોનું પરિમાણ તરંગલંબાઈ જેટલું હોવું જોઈએ. જો અડચણો/છિદ્રોનું પરિમાણ તરંગલંબાઈ કરતા ઘણું વધારે હોય તો વિવર્તન નાના કોણે થશે. અહીં, પરિમાણ એ અમુક મીટરના ક્રમનું હોય છે. પ્રકાશની તરંગલંબાઈ લગભગ 5×10^{-7} m છે, જ્યારે 1 kHz આવૃત્તિ ધરાવતાં ધ્વનિતરંગો માટે તરંગલંબાઈ લગભગ 0.3 m જેટલી હોય છે. આમ,

વિભાગ પાડતી દિવાલ (Partition)ને ફરતે ધ્વનિ તરંગો વળે છે જ્યારે પ્રકાશતરંગો વળી શકતા નથી.

(e) (d)માં દર્શાવેલ મુદ્દા અનુસાર વ્યાજબીપણું આપી શકાય. સામાન્ય વપરાશના પ્રકાશીય ઉપકરણો (Instruments)માં છિદ્રો (Aperture)ના પરિમાણ એ પ્રકાશની તરંગલંબાઈ કરતાં ઘણાં વધારે હોય છે.

10.18 12.5 cm

10.19 0.2 mm

10.20 (a) એન્ટીના દ્વારા ગ્રહણ થતા સીધા સિગ્નલ અને વિમાન પરથી પરાવર્તિત (નબળા) સિગ્નલ વચ્ચેનું વ્યતિકરણ.

(b) સંપાતીકરણનો સિદ્ધાંત એ તરંગ ગતિને દર્શાવતા (વિકલ) સમીકરણના રેખીયપણાના ગુણધર્મ પરથી મળે છે. જો તરંગ સમીકરણના બે ઉકેલો y_1 અને y_2 હોય તો y_1 અને y_2નું કોઈ પણ રેખીય સંયોજન પણ ઉકેલ બનશે. જ્યારે કંપવિસ્તાર મોટો હોય (દા.ત., ઊંચી તીવ્રતા ધરાવતું લેસર કિરણપુંજ) અને અ-રેખીય અસરો અગત્યની હોય ત્યારે પરિસ્થિતિ ખૂબ જ જટિલ હોય છે, જેની અત્રે આપણે ચિંતા કરવાની જરૂર નથી.

10.21 સ્લિટને $a' = a/n$ પહોળાઈ ધરાવતી નાની n સ્લિટોમાં વહેંચી દો. કોણ $\theta = n\lambda/a = \lambda/a'$ થશે. દરેક નાની સ્લિટો દિશામાં શૂન્ય તીવ્રતા મોકલશે. આ સંયોજન પણ શૂન્ય તીવ્રતા આપશે.

પ્રકરણ 11

11.1 (a) 7.24×10^{18} Hz, (b) 0.041 nm

11.2 (a) $0.34\ eV = 0.54 \times 10^{-19}$ J, (b) 0.34 V, (c) 344 km/s

11.3 $1.5eV = 2.4 \times 10^{-19}$ J

11.4 (a) 3.14×10^{-19} J, 1.05×10^{-27} kg m/s, (b) 3×10^{16} photons/s, (c) 0.63 m/s

11.5 4×10^{21} photons/m^{2}s

11.6 6.59×10^{-34} Js

11.7 (a) 3.38×10^{-19} J = 2.11 eV, (b) 3.0×10^{20} photons/s

11.8 2.0 V

11.9 ના, કારણ કે $\nu < \nu_0$

11.10 4.73×10^{14} Hz

11.11 $2.16\ eV = 3.46 \times 10^{-19}$ J

11.12 (a) 4.04×10^{-24} kg m s^{-1}, (b) 0.164 nm

11.13 (a) 5.92×10^{-24} kg m s^{-1}, (b) 6.50×10^{6} m s^{-1}, (c) 0.112 nm

11.14 (a) 6.95×10^{-25} J = 4.34 μeV, (b) 3.78×10^{-28} J = 0.236 neV

11.15 (a) 1.7×10^{-35} m, (b) 1.1×10^{-32} m, (c) 3.0×10^{-23} m

11.16 (a) 6.63×10^{-25} kg m/s (બંને માટે), (b) 1.24 keV, (c) 1.51 eV

11.17 (a) 6.686×10^{-21} J = 4.174×10^{-2} eV, (b) 0.145 nm

11.18 $\lambda = h/p = h/(h\nu/c) = c/\nu$

11.19 0.028 nm

11.20 (a) $eV = (m\upsilon^2/2)$નો ઉપયોગ કરો, એટલે કે $\upsilon = [(2eV/m)]^{1/2}$, $\upsilon = 1.33 \times 10^7$ m s^{-1}

(b) જો આપણે V = 10^7 V માટે પણ આ જ સૂત્રનો ઉપયોગ કરીએ, તો આપણને $\upsilon = 1.88 \times 10^9$ m s^{-1} મળે. આ સ્પષ્ટ રીતે ખોટું છે, કારણ કે પ્રકાશની ઝડપ ($c = 3 \times 10^8$ m s^{-1}) કરતાં કંઈ પણ વધુ ઝડપથી ગતિ ન કરી શકે. ખરેખર તો ગતિઊર્જા

માટે ઉપરનું સમીકરણ ($m\upsilon^2/2$), જ્યારે (υ/c) << 1 હોય ત્યારે જ સાચું છે. ખૂબ ઊંચી ઝડપ માટે જ્યારે (υ/c) એ 1ની નજીક હોય (છતાં પણ હંમેશા 1 થી નાનું હોય) ત્યારે આપણે સાપેક્ષવાદની નજીક આવીએ છીએ. જ્યાં, નીચેનાં સમીકરણો લાગુ પડે છે :

સાપેક્ષ વેગમાન $p = m\upsilon$

કુલ ઊર્જા $E = mc^2$

ગતિઊર્જા $K = mc^2 - m_0c^2$

જ્યાં, સાપેક્ષ દ્રવ્યમાન 'm' આ મુજબ લખાય છે, $m = m_0\left[1-\frac{\upsilon^2}{c^2}\right]^{-1/2}$. m_0ને કણનું સ્થિર દ્રવ્યમાન (Rest Mass) કહે છે. આ સમીકરણો પરથી

$E = (p^2c^2 + m_0^2c^4)^{1/2}$

નોંધો કે સાપેક્ષ વાદના પ્રભાવક્ષેત્રમાં υ/c નું મૂલ્ય 1ની નજીક હોય છે. K અથવા ઊર્જા $\geq m_0c^2$ (સ્થિત દ્રવ્યમાન ઊર્જા – Rest Mass Energy). ઇલેક્ટ્રૉનની રેસ્ટ માસ ઊર્જા (સ્થિત દ્રવ્યમાન ઊર્જા) લગભગ 0.51 MeV છે. આમ, 10 MeV જેટલી ગતિઊર્જા ઇલેક્ટ્રૉનની સ્થિત દ્રવ્યમાન ઊર્જા કરતાં ઘણી વધુ હોય છે, જે સાપેક્ષવાદનું પ્રભાવક્ષેત્ર દર્શાવે છે. સાપેક્ષવાદના સમીકરણોનો ઉપયોગ કરતાં, (10 MeV ગતિઊર્જા માટે) $\upsilon = 0.999\,c$.

11.21 (a) 22.7 cm

(b) ના. ઉપર સમજાવ્યું તેમ, 20 MeVનો ઇલેક્ટ્રૉન સાપેક્ષવાદીય ઝડપથી ગતિ કરે છે. પરિણામે, અ-સાપેક્ષવાદીય સૂત્ર $R = (m_0\upsilon/eB)$ લાગુ પડતું નથી. સાપેક્ષવાદીય સૂત્ર

$R = p/eB = m\upsilon/eB$ અથવા $R = m_0\upsilon/(eB\sqrt{1-\upsilon^2/c^2})$ છે.

11.22 $eV = (m\upsilon^2/2)$ અને $R = (m\upsilon/eB)$ છે. જેના પરથી $(e/m) = (2V/R^2B^2)$, આપેલ વિગતો પરથી $(e/m) = 1.73 \times 10^{11}\ \mathrm{C\,kg^{-1}}$

11.23 (a) 27.6 keV, (b) 30 kVના ક્રમનું.

11.24 $\lambda = (hc/E)$માં $E = 5.1 \times 1.602 \times 10^{-10}$ J મૂકતાં, $\lambda = 2.43 \times 10^{-16}$ m મળે.

11.25 (a) $\lambda = 500$ m માટે, $E = (hc/\lambda) = 3.98 \times 10^{-28}$ J

એક સેકન્ડ દીઠ ઉત્સર્જાયેલા ફોટોન $= 10^4\ \mathrm{J\,s^{-1}} / 3.98 \times 10^{-28}\ \mathrm{J} \simeq 3 \times 10^{31}\ \mathrm{s^{-1}}$

આપણે જોઈ શકીએ કે રેડીયો ફોટોનની ઊર્જા અતિશય ઓછી છે અને રેડીયો બીમમાં એક સેકન્ડ દીઠ ઉત્સર્જાયેલા ફોટોનની સંખ્યા અતિશય મોટી છે.

આથી, આપણે (ફોટોનની) લઘુત્તમ ક્વૉન્ટમ ઊર્જા અવગણીએ તથા રેડીયો તરંગની કુલ ઊર્જાને સતત ધારીએ તો અવગણ્ય ત્રુટી ઉદ્‌ભવે છે.

(b) $\nu = 6 \times 10^{14}$ Hz માટે $E \simeq 4 \times 10^{-19}$ J

લઘુત્તમ તીવ્રતાને અનુરૂપ ફોટોન ફ્લક્સ $= 10^{-10}\ \mathrm{Wm^{-2}} / 4 \times 10^{-19}$ J

$= 2.5 \times 10^8\ \mathrm{m^{-2}\,s^{-1}}$

આંખની કીકીમાં સેકન્ડ દીઠ દાખલ થતા ફોટોનની સંખ્યા $= 2.5 \times 10^8 \times 0.4 \times 10^{-4}\ \mathrm{s^{-1}}$ $= 10^4\ \mathrm{s^{-1}}$. આ સંખ્યા (a)માં મળતી સંખ્યા જેટલી મોટી ન હોવા છતાં, આપણી આંખની ઈન્દ્રિય તેનો 'અહેસાસ' કે 'ગણતરી' કરી ન શકે તેટલી મોટી તો છે.

11.26 $\phi_0 = h\nu - eV_0 = 6.7 \times 10^{-19}\ \mathrm{J} = 4.2\ eV$; $\nu_0 = \frac{\phi_0}{h} = 1.0 \times 10^{15}$ Hz; $\lambda = 6328$ Å $\nu = 4.7 \times 10^{14}\ \mathrm{Hz} < \nu_0$ને અનુરૂપ છે.

લેસર પ્રકાશની તીવ્રતા ગમે તેટલી વધુ હોય તો પણ ફોટો સેલ તેને માટે પ્રતિભાવ આપશે નહીં.

11.27 બંને ઉદ્‌ગમ માટે $eV_0 = h\nu - \phi_0$નો ઉપયોગ કરો. પ્રથમ ઉદ્‌ગમની આપેલ વિગતો માટે $\phi_0 = 1.40\ eV$, આ મૂલ્યનો ઉપયોગ કરતાં બીજા ઉદ્‌ગમ માટે $V_0 = 1.50$ V.

11.28 V_0 વિરૂદ્ધ νનો આલેખ મેળવો. આલેખનો ઢાળ (h/e) છે અને તેનું ν-અક્ષ પરનું છેદનબિંદુ ν_0 છે. પ્રથમ ચાર બિંદુઓ લગભગ સીધી રેખામાં છે, જે ν-અક્ષને $\nu_0 = 5.0 \times 10^{14}$ Hz (થ્રેસોલ્ડ આવૃત્તિ) એ છેદે છે. પાંચમું બિંદુ $\nu < \nu_0$ ને અનુરૂપ છે, જ્યાં ફોટોઈલેક્ટ્રીક ઉત્સર્જન થતું નથી અને તેથી પ્રવાહને રોકવા માટે કોઈ સ્ટોપિંગ પોટેન્શિયલની જરૂર પડતી નથી. આ આલેખનો ઢાળ 4.15×10^{-15} V s જેટલો મળે છે. $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C, $h = 6.64 \times 10^{-34}$ J s (hનું પ્રમાણભૂત મૂલ્ય $= 6.626 \times 10^{-34}$ J s), $\phi_0 = h\nu_0 = 2.11$ eV.

11.29 એમ જાણવા મળે છે કે આપેલ આવૃત્તિ ν એ $\nu_0(Na)$ અને $\nu_0(K)$ કરતાં મોટી છે, પરંતુ $\nu_0(Mo)$ અને $\nu_0(Ni)$ કરતાં ઓછી છે. આથી, Mo અને Ni ફોટોઈલેક્ટ્રિક ઉત્સર્જન દર્શાવશે નહીં. જો લેસરને પાસે લાવીએ તો વિકિરણની તીવ્રતા વધે છે, પરંતુ Mo અને Niને લગતા પરિણામ પર કોઈ ફરક પડતો નથી. આમ છતાં, Na અને K માટે ફોટોઈલેક્ટ્રિક પ્રવાહ તીવ્રતાના સમપ્રમાણમાં વધશે.

11.30 એક પરમાણુ દીઠ એક વાહક ઈલેક્ટ્રૉન ધારો.

અસરકારક પરમાણ્વિક ક્ષેત્રફળ $\sim 10^{-20}$ m^2

5 સ્તરોમાં ઈલેક્ટ્રોનની સંખ્યા $= \dfrac{5 \times 2 \times 10^{-4} \text{m}^2}{10^{-20} \text{m}^2} = 10^{17}$

આપાત પાવર $= 10^{-5}$ Wm^{-2} $\times 2 \times 10^{-4}$ m^2 $= 2 \times 10^{-9}$ W

તરંગ સ્વરૂપમાં, આપાત પાવરનું બધાં જ ઈલેક્ટ્રોન દ્વારા નિયમિત શોષણ થાય છે. પરિણામે ઈલેક્ટ્રૉન દીઠ એક સેકન્ડમાં શોષાયેલી ઊર્જા $= 2 \times 10^{-9}/10^{17} = 2 \times 10^{-26}$ W

ફોટોઈલેક્ટ્રિક ઉત્સર્જન માટે જરૂરી સમય $= 2 \times 1.6 \times 10^{-19}$ J$/2 \times 10^{-26}$ W $= 1.6 \times 10^{7}$ s જે લગભગ 0.5 વર્ષ જેટલો છે.

સૂચિતાર્થ : પ્રાયોગિક રીતે, ફોટોઈલેક્ટ્રિક ઉત્સર્જન લગભગ તાત્ક્ષણિક ($\sim 10^{-9}$ s) હોય છે. આથી, તરંગ સ્વરૂપ પ્રયોગ સાથે સંમતિ દર્શાવતું નથી.

ફોટોન સ્વરૂપમાં, વિકિરણની ઊર્જા ઉપરના સ્તરોમાં રહેલા ઈલેક્ટ્રૉનો વચ્ચે સતત વહેંચાયેલી હોતી નથી. પરંતુ, ઊર્જા છુટક (ત્રુટક) જથ્થા (ક્વૉન્ટમ)ના રૂપમાં આવે છે અને ઊર્જાનું શોષણ ધીમે ધીમે થતું નથી. ઈલેક્ટ્રૉન વડે ફોટોન કાં તો તાત્ક્ષણિક શોષાતો નથી, અથવા શોષાય છે.

11.31 $\lambda = 1$ Å માટે, ઈલેક્ટ્રૉનની ઊર્જા $= 150$ eV, ફોટોનની ઊર્જા $= 12.4$ keV. આમ, એક સમાન તરંગલંબાઈ માટે, ફોટોનની ઊર્જા, ઈલેક્ટ્રૉન કરતાં ઘણી વધુ હોય છે.

11.32 (a) $\lambda = \dfrac{h}{p} = \dfrac{h}{\sqrt{2mK}}$ આમ, સમાન K માટે, m સાથે $(1/\sqrt{m})$ના સમપ્રમાણમાં λ ઘટે છે. હવે $(m_n/m_e) = 1838.6$. આથી, એક સમાન ઊર્જા માટે, સ્વાધ્યાય 11.31 મુજબ એક સમાન ઊર્જા (150 eV), માટે ન્યુટ્રોનની તરંગલંબાઈ $= (1/\sqrt{1838.6}) \times 10^{-10}$m $= 2.33 \times 10^{-12}$ m. સાથે આંતર પરમાણ્વિક અંતર લગભગ સો ગણું વધુ હોય છે. આથી, 150 eVનું ન્યુટ્રોન બીમ વિવર્તનના પ્રયોગો માટે યોગ્ય નથી.

(b) $\lambda = 1.45 \times 10^{-10}$ m [$\lambda = (h/\sqrt{3\,m\,k\,T})$ નો ઉપયોગ કરો.] જે સ્ફટિકના આંતર પરમાણ્વિક અંતર સાથે સરખાવી શકાય તેવું છે.
ઉપરના (a) અને (b) પરથી સ્પષ્ટ છે કે, વિવર્તનના પ્રયોગો તપાસકર્તા (probe, શોધક) માટે થર્મલ ન્યુટ્રોન યોગ્ય છે. આથી, ઊંચી ઊર્જાના ન્યુટ્રોન બીમનો વિવર્તન માટે ઉપયોગ કરતા પહેલાં તેને થર્મલ ન્યુટ્રોનમાં ફેરવવા જોઈએ.

11.33 $\lambda = 5.5 \times 10^{-12}$ m
λ (પીળા પ્રકાશ માટે) $= 5.9 \times 10^{-7}$ m
વિભેદન શક્તિ (Resolving Power–RP) તરંગલંબાઈના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે. આથી, ઈલેક્ટ્રૉન માઈક્રોસ્કોપનો RP, દશ્યપ્રકાશ માઈક્રોસ્કોપ કરતાં 10^5 ગણો હોય છે. વ્યવહારમાં બીજા ઘટકોના તફાવતો (ભૌમિતિક) આ સરખામણી થોડીક બદલી શકે.

11.34 $p = \dfrac{h}{\lambda} = \dfrac{6.63 \times 10^{-34}\,\text{J s}}{10^{-15}\,\text{m}} = 6.63 \times 10^{-19}$ kg m s^{-1}
ઊર્જા માટે સાપેક્ષવાદના સમીકરણનો ઉપયોગ કરો.

$$E^2 = c^2p^2 + m_0^2c^4$$
$$= 9 \times (6.63)^2 \times 10^{-22} + (0.511 \times 1.6)^2 \times 10^{-26}$$
$$\simeq 9 \times (6.63)^2 \times 10^{-22}$$

અહીંયા બીજું પદ (સ્થિર દ્રવ્યમાન ઊર્જા) અવગણી શકાય તેમ છે.
આથી, $E = 1.989 \times 10^{-10}$ J $= 1.24$ BeV
આથી, પ્રવેગકમાંથી મળતા ઈલેક્ટ્રૉનની ઊર્જા અમુક BeVના ક્રમની હોવી જોઈએ.

11.35 $\lambda = \dfrac{h}{\sqrt{3\,m\,k\,T}}$; $m_{He} = \dfrac{4 \times 10^3}{6 \times 10^{23}}$ kg
આ પરથી, $\lambda = 0.73 \times 10^{-10}$ m.
સરેરાશ અંતર $r = (V/N)^{1/3} = (kT/p)^{1/3}$
$T = 300$ K, $p = 1.01 \times 10^5$ Pa માટે, $r = 3.4 \times 10^{-9}$ m. આથી, $r >> \lambda$ મળે છે.

11.36 સ્વાધ્યાય 11.35 જેવા જ સૂત્રનો ઉપયોગ કરતાં, $\lambda = 6.2 \times 10^{-9}$ m મળે છે. જે ઈલેક્ટ્રૉન વચ્ચેના આંતરિક અંતરો કરતાં ઘણું વધુ છે.

11.37 (a) ક્વાર્કસ જાણે કે પ્રોટોન કે ન્યુટ્રોનમાં એવા બળો વડે બંધિત માનવામાં આવ્યા છે કે, જેમને જુદા કરવાનો પ્રયત્ન કરતાં આ બળ વધે છે. આથી, એમ લાગે છે કે અપૂર્ણાંક વિદ્યુતભારો કુદરતમાં હાજર હોવા છતાં અનુભવી શકાય એવા વિદ્યુતભારો eના પૂર્ણાંક ગુણાંકમાં હોય છે.

(b) વિદ્યુત અને ચુંબકીય ક્ષેત્રો માટેના બંને મૂળભૂત સમીકરણો અનુક્રમે $eV = (1/2)\,mv^2$ અથવા $eE = ma$ અને $eBv = mv^2/r$ દર્શાવે છે કે ઈલેક્ટ્રૉનનું ગતિશાસ્ત્ર ફક્ત e અને m વડે સ્વતંત્ર રીતે નહીં, પરંતુ e/m સંયોજન વડે નક્કી થાય છે.

(c) નીચા દબાણે આયનોને તેમના અનુરૂપ ઈલેક્ટ્રોડ સુધી પહોંચવાનો અને પ્રવાહ રચવાનો મોકો મળે છે. સામાન્ય દબાણે, વાયુના અણુઓ સાથેની અથડામણો અને સંયોજન થવાથી તેમને આમ કરવાનો મોકો મળતો નથી.

(d) કાર્યવિધેય, ધાતુમાં વાહક (conduction) બેન્ડના ઉચ્ચતમ સ્તરમાં રહેલા ઈલેક્ટ્રૉનને ધાતુમાંથી બહાર કાઢવા માટે જરૂરી લઘુત્તમ ઊર્જા દર્શાવે છે. ધાતુમાં બધા જ ઈલેક્ટ્રૉન આ ઉચ્ચતમ (ઊર્જા) સ્તરમાં હોતા નથી. તેઓ (ઊર્જા) સ્તરોના સતત પટ્ટા (band)માં હોય છે. પરિણામે આપેલ આપાત વિકિરણ માટે જુદા જુદા સ્તરોમાંથી બહાર નીકળેલા ઈલેક્ટ્રૉનોની ઊર્જા જુદી જુદી હોય છે.

(e) કોઈપણ કણની નિરપેક્ષ ઊર્જા E (પણ વેગમાન p નહીં)નું મૂલ્ય, કોઈ ઉમેરી શકાય તેવા અચળાંકની અંદર યાદચ્છિક હોય છે. આથી, λનું ભૌતિક મહત્વ હોવા છતાં ઈલેક્ટ્રૉનના દ્રવ્ય તરંગ માટે νનું નિરપેક્ષ મૂલ્ય પ્રત્યક્ષ રીતે કોઈ ભૌતિક મહત્વનું નથી. કળા ઝડપ $\nu\lambda$

પણ તે જ રીતે ભૌતિક મહત્વ નથી ધરાવતી. સમૂહ (ગ્રુપ) ઝડપનું ભૌતિક મહત્વ છે, જે આ મુજબ અપાય છે.

$$\frac{\mathrm{d}\nu}{\mathrm{d}(1/\lambda)} = \frac{\mathrm{dE}}{\mathrm{d}p} = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}p}\left(\frac{p^2}{2m}\right) = \frac{p}{m} .$$

પ્રકરણ 12

12.1 (a) થી જુદું નથી, (b) થોમસનનું મોડેલ, રધરફર્ડનું મોડેલ, (c) રધરફર્ડનું મોડેલ, (d) થોમસનનું મોડેલ, રધરફર્ડનું મોડેલ, (e) બંને મોડેલો

12.2 હાઈડ્રોજન પરમાણુનું ન્યુક્લિયસ પ્રોટોન છે. તેનું દળ 1.67×10^{-27} kg છે, જ્યારે આપાત થયેલા α-કણનું દળ 6.64×10^{-27} kg છે. પ્રકીર્ણન પામતો કણ લક્ષ્ય ન્યુક્લિયસો (પ્રોટોન) કરતાં વધુ દળદાર હોવાથી, α-કણ સન્મુખ સંઘાતમાં પણ પાછો ફેંકાશે (Bounce Back) નહિ. આ એક ફૂટબોલ સ્થિર પડેલા ટેનિસ બોલ સાથે અથડાય તેના જેવું છે. આમ, મોટા કોણે પ્રકીર્ણન નહિ થાય.

12.3 820 nm

12.4 5.6×10^{14} Hz

12.5 13.6 eV, −27.2 eV

12.6 9.7×10^{-8} m, 3.1×10^{15} Hz

12.7 (a) 2.18×10^{6} m/s, 1.09×10^{6} m/s, 7.27×10^{5} m/s
(b) 1.52×10^{-16} s, 1.22×10^{-15} s, 4.11×10^{-15} s

12.8 2.12×10^{-10} m, 4.77×10^{-10} m

12.9 લાયમન શ્રેણી, 103 nm અને 122 nm ; બામર શ્રેણી, 656 nm

12.10 2.6×10^{74}

12.11 (a) લગભગ તેટલું જ

(b) ઘણું ઓછું

(c) તે સૂચવે છે કે પ્રકીર્ણન મોટે ભાગે એક અથડામણથી થયેલ છે, કારણ કે એક જ અથડામણની સંભાવના લક્ષ્ય પરમાણુઓની સંખ્યા સાથે સુરેખ રીતે વધુ છે અને તેથી જાડાઈ સાથે પણ સુરેખ રીતે વધે છે.

(d) થોમસનના મોડેલમાં એક જ અથડામણ બહુ ઓછું આવર્તન ઉપજાવે છે. અવલોકિત થયેલ સરેરાશ પ્રકીર્ણન કોણને ફક્ત ઘણાં પ્રકીર્ણન થયેલાં ગણીને જ સમજાવી શકાય છે. આથી, થોમસનના મોડેલમાં ઘણાં પ્રકીર્ણન થવાને અવગણવું એ ખોટું છે. રધરફર્ડના મોડેલમાં મોટાભાગનું પ્રકીર્ણન એક જ અથડામણથી મળે છે અને પ્રથમ સંનિકટતા તરીકે ઘણાં પ્રકીર્ણનને અવગણી શકાય છે.

12.12 બોહ્ર મોડેલમાં પ્રથમ કક્ષાની ત્રિજ્યા a_0 છે, જે $a_0 = \dfrac{4\pi\varepsilon_0 (h/2\pi)^2}{m_e e^2}$ પરથી મળે છે. જો આપણે પરમાણુને ગુરુત્વબળથી $(Gm_p m_e/r^2)$થી બંધિત થયેલો માનીએ તો આપણે $e^2/4\pi\varepsilon_0$ને સ્થાને $Gm_p m_e$ મૂકવું જોઈએ. એટલે કે પ્રથમ બોહ્ર કક્ષાના ત્રિજ્યા $a_0^G = \dfrac{(h/2\pi)^2}{Gm_p m_e^2} \cong 1.2 \times 10^{29}$ m.

આ મૂલ્ય સમગ્ર વિશ્વ (Universe)ના અંદાજિત પરિમાણ કરતાં ઘણું મોટું છે.
મોટાભાગનું પ્રકીર્ણન એક જ અથડામણથી મળે છે અને પ્રથમ સંનિકટતા તરીકે ઘણાં પ્રકીર્ણનને અવગણી શકાય છે.

12.13 $\nu = \dfrac{me^4}{(4\pi)^3 \varepsilon_0^2 (h/2\pi)^3}\left[\dfrac{1}{(n-1)^2} - \dfrac{1}{n^2}\right] = \dfrac{me^4(2n-1)}{(4\pi)^3 \varepsilon_0^2 (h/2\pi)^3 n^2 (n-1)^2}$

nના મોટા મૂલ્ય માટે, $\nu \cong \dfrac{me^4}{32\pi^3 \varepsilon_0^2 (h/2\pi)^3 n^3}$

કક્ષીય આવૃત્તિ $\nu_c = (\upsilon/2\pi r)$, બોહ્‌ર મોડેલમાં $\upsilon = \dfrac{n(h/2\pi)}{mr}$ અને $r = \dfrac{4\pi\varepsilon_0 (h/2\pi)^2}{me^2} n^2$,

આ પરથી $\nu_c = \dfrac{n(h/2\pi)}{2\pi mr^2} = \dfrac{me^4}{32\pi^3 \varepsilon_0^2 (h/2\pi)^3 n^3}$, જે n માટેના ν જેટલું જ છે.

12.14 (a) $\left(\dfrac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 mc^2}\right)$ રાશિને લંબાઈના પરિમાણ છે. તેનું મૂલ્ય 2.82×10^{-15} m છે. જે લાક્ષણિક પારમાણ્વિક પરિમાણ કરતાં ઘણું નાનું છે.

(b) $\dfrac{4\pi\varepsilon_0 (h/2\pi)^2}{me^2}$ રાશિને લંબાઈના પરિમાણ છે. તેનું મૂલ્ય 0.53×10^{-10} m છે. જે પારમાણ્વિક પરિમાણના ક્રમનું છે. (એ નોંધો કે, પરિમાણોની દલીલો આપણને એમ કહી શકે નહિ કે સાચું પરિમાણ મેળવવા માટે આપણે hને સ્થાને $4\pi h/2\pi$ વાપરવાં જોઈએ.)

12.15 બોહ્‌રના મોડેલમાં $m\upsilon r = \dfrac{nh}{2\pi}$ અને $\dfrac{m\upsilon^2}{r} = \dfrac{Ze^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

આ પરથી $T = \dfrac{1}{2} m\upsilon^2 = \dfrac{Ze^2}{8\pi\varepsilon_0 r}$, $r = \dfrac{4\pi\varepsilon_0 h^2}{Ze^2 m} n^2$

આ સૂત્રોને સ્થિતિઊર્જાનું શૂન્ય ક્યાં લેવામાં આવે છે, તેની પસંદગી સાથે કોઈ સંબંધ નથી. અનંત અંતરે સ્થિતિઊર્જાનું શૂન્ય પસંદ કરતાં, આપણને $V = -(Ze^2/4\pi\varepsilon_0 r)$ મળે છે, આ પરથી $V = -2T$ અને $E = T + V = -T$ મળે.

(a) આપેલ મૂલ્ય $E = -3.4$ eV રૂઢિગત પસંદગી પર આધારિત છે, જેમાં સ્થિતિઊર્જાનું શૂન્ય અનંત અંતરે લેવાય છે. $E = -T$ પરથી આ અવસ્થામાં ઇલેક્ટ્રૉનની ગતિઊર્જા $+3.4$ eV છે.

(b) $V = -2T$નો ઉપયોગ કરતાં ઇલેક્ટ્રૉનની સ્થિતિઊર્જા $= -6.8$ eV.

(c) જો સ્થિતિઊર્જાનું શૂન્ય બીજી રીતે પસંદ કરીએ તો ગતિઊર્જા બદલાતી નથી. તેનું મૂલ્ય સ્થિતિઊર્જાના શૂન્યની પસંદગીથી સ્વતંત્ર $+3.4$ eV છે. અવસ્થાની સ્થિતિઊર્જા અને કુલ ઊર્જા બદલાશે, જો સ્થિતિઊર્જાનું શૂન્ય બીજે લેવામાં આવે તો.

12.16 ગ્રહોની ગતિ સાથે સંકળાયેલ કોણીય વેગમાનો hની સાપેક્ષે સરખામણી ન કરી શકાય તેટલાં મોટાં હોય છે. દાખલા તરીકે પૃથ્વીનું કોણીય વેગમાન લગભગ $10^{70}h$ના ક્રમનું છે. બોહ્‌રની ક્વૉન્ટમીકરણની સ્વીકૃતિના પદમાં આ n ના ખૂબ મોટા મૂલ્યને અનુરૂપ છે (10^{70}ના ક્રમનું). n નાં આવાં મોટાં મૂલ્યો માટે બોહ્‌ર મોડેલની ક્રમિક ક્વૉન્ટમીકૃત સ્તરોની ઊર્જાઓ અને કોણીય વેગમાનોના તફાવતો તે સ્તરોના ઊર્જા અને કોણીય વેગમાનના મૂલ્યોની સરખામણીએ એટલાં નાનાં હોય છે કે, બધા વ્યાવહારિક હેતુઓ માટે આપણે સ્તરોને સતત (સળંગ) ગણી શકીએ છીએ.

12.17 બોહ્ર મોડેલના સૂત્રોમાં m_eને સ્થાને m_μ મૂકવું જોઈએ. આપણે નોંધીએ કે બીજા પરિબળો અચળ રાખતાં $r \propto (1/m)$ અને $E \propto m$. જણાય છે. આથી,

$$r_\mu = \frac{r_e m_e}{m_\mu} = \frac{0.53\times10^{-10}}{207} = 2.56\times10^{-13}\ \text{m}$$

$$E_\mu = \frac{E_e m_\mu}{m_e} = -(13.6\times207)\ eV \cong -2.8\ keV$$

પ્રકરણ 13

13.1 (a) 6.941 *u*, (b) 19.9 %, 80.1 %

13.2 20.18 *u*

13.3 104.7 MeV

13.4 8.79 MeV, 7.84 MeV

13.5 1.584×10^{25} MeV અથવા 2.535×10^{12} J

13.6 (i) ${}^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$ (ii) ${}^{242}_{94}Pu \rightarrow {}^{238}_{92}U + {}^{4}_{2}He$

(iii) ${}^{32}_{15}P \rightarrow {}^{32}_{16}S + e^- + \bar{\nu}$ (iv) ${}^{210}_{83}B \rightarrow {}^{210}_{84}Po + e^- + \bar{\nu}$

(v) ${}^{11}_{6}C \rightarrow {}^{11}_{5}B + e^+ + \nu$ (vi) ${}^{97}_{43}Tc \rightarrow {}^{97}_{42}Mo + e^+ + \nu$

(vii) ${}^{120}_{54}Xe + e^- \rightarrow {}^{120}_{53}I + \nu$

13.7 (a) 5 *T* વર્ષ, (b) 6.65 *T* વર્ષ

13.8 4224 વર્ષ

13.9 7.126×10^{-6} *g*

13.10 7.877×10^{10} Bq અથવા 2.13 Ci

13.11 1.23

13.12 (a) Q = 4.93 MeV, E_α = 4.85 MeV, (b) Q = 6.41 MeV, E_α = 6.29 MeV

13.13 ${}^{11}_{6}C \rightarrow {}^{11}_{5}B + e^+ + \nu + Q$

$Q = [m_N({}^{11}_{6}C) - m_N({}^{11}_{5}B) - m_e]c^2$

જ્યાં, ઉપયોગમાં લીધેલ દળો પરમાણુઓના નહિ પણ ન્યુક્લિયસનાં છે. જો આપણે પરમાણુદળોનો ઉપયોગ કરીએ તો ${}^{11}_{6}C$ ના ન્યુક્લિયસના દળ માટે તેના પરમાણુદળમાંથી $6m_e$ બાદ કરવું પડે અને ${}^{11}_{5}B$ ના ન્યુક્લિયસના દળ માટે તેના પરમાણુદળમાંથી $5m_e$ બાદ કરવું પડે. આથી, $Q = [m({}^{11}_{6}C) - m({}^{11}_{5}B) - 2m_e]\,c^2$ (નોંધો કે અહીં m_e નું બમણું આવેલ છે.) આપેલ દળોનો ઉપયોગ કરતાં, Q = 0.961 MeV

$Q = E_d + E_e + E_\nu$.

જનિત ન્યુક્લિયસ, e^+ અને νની સરખામણીએ અતિ ભારે છે, તેથી તે અવગણ્ય ઊર્જા લઈ જાય છે. ($E_d \approx 0$). જો ન્યુટ્રીનો વડે લઈ જવાતી ઊર્જા લઘુત્તમ (એટલે કે શૂન્ય) હોય તો પોઝિટ્રોન મહત્તમ ઊર્જા લઈ જાય છે, જે વ્યવહારમાં બધી જ એટલે કે Q ઊર્જા લઈ જાય છે. આથી, મહત્તમ $E_e \approx Q$.

13.14 ${}^{23}_{10}Ne \rightarrow {}^{23}_{11}Na + e^- + \bar{\nu} + Q$; $Q = [m_N({}^{23}_{10}Ne) - m_N({}^{23}_{11}Na) - m_e]c^2$, જ્યાં સ્વાધ્યાય 13.13ની જેમ ઉપયોગમાં લીધેલ દળો પરમાણુના નહિ પણ ન્યુક્લિયસનાં છે. પરમાણુ દળોનો ઉપયોગ કરતાં, $Q = [m({}^{23}_{10}Ne) - m({}^{23}_{11}Na)]c^2$. નોંધો કે m_e નાબુદ થયેલ છે. આપેલ દળોનો

ઉપયોગ કરતાં, Q = 4.37 MeV. સ્વાધ્યાય 13.13ની જેમ ઇલેક્ટ્રૉનની મહત્તમ ગતિઊર્જા (મહત્તમ E_e) = Q = 4.37 MeV.

13.15 (i) Q = −4.03 MeV, ઉષ્માશોષક

(ii) Q = 4.62 MeV, ઉષ્માક્ષેપક

13.16 $Q = m({}^{56}_{26}Fe) - 2m({}^{28}_{13}Al) = 26.90$ MeV, શક્ય નથી.

13.17 4.536×10^{26} MeV

13.18 ${}^{235}_{92}U$ના દર ગ્રામ દીઠ ઉદ્ભવેલી ઊર્જા = $\dfrac{6\times10^{23}\times200\times1.6\times10^{-13}}{235}\ J g^{-1}$, 80 % સમય સાથે 5*yr*માં વપરાતા ${}^{235}_{92}U$ નો જથ્થો

$$= \frac{5\times0.8\times3.154\times10^{16}\times235}{1.2\times1.6\times10^{13}}\ g = 1544\ kg.$$

${}^{235}_{92}U$નો પ્રારંભિક જથ્થો = 3088 kg.

13.19 લગભગ $4.9\times10^4\ yr$

13.20 360 *ke*V

13.22 સ્પર્ધા કરતી બંને પ્રક્રિયાઓ વિચારો :

${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + e^{+} + \nu_e + Q_1$ (પ્રૉઝિટ્રૉન ઉત્સર્જન)

$e^{-} + {}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + \nu_e + Q_2$ (ઇલેક્ટ્રૉન કેપ્ચર)

$Q_1 = [m_N({}^{A}_{Z}X) - m_N({}^{A}_{Z-1}Y) - m_e]c^2$

$= [m({}^{A}_{Z}X) - Zm_e - m({}^{A}_{Z-1}Y) + (Z-1)m_e - m_e]c^2$

$= [m({}^{A}_{Z}X) - m({}^{A}_{Z-1}Y) - 2m_e]c^2$

$Q_2 = [m_N({}^{A}_{Z}X) + m_e - m_N({}^{A}_{Z-1}Y)]c^2 = [m({}^{A}_{Z}X) - m({}^{A}_{Z-1}Y)]c^2$

આનો અર્થ એ કે $Q_1 > 0$ પરથી $Q_2 > 0$ હોય જ પણ $Q_2 > 0$ માટે $Q_1 > 0$ હોવું જરૂરી નથી.

આથી, માંગેલ પરિણામ મળે છે.

13.23 ${}^{25}_{12}Mg$: 9.3 %, ${}^{26}_{12}Mg$: 11.7 %

13.24 ${}^{A}_{Z}X$ ન્યુક્લિયસની ન્યુટ્રૉન વિયોગ ઊર્જા S_n

$S_n = [m_N({}^{A-1}_{Z}X) + m_n - m_N({}^{A}_{Z}X)]c^2$

આપેલ વિગતો પરથી $S_n({}^{41}_{20}Ca) = 8.36$ MeV, $S_n({}^{27}_{13}Al) = 13.06$ MeV

13.25 209 *d*

13.26 ${}^{14}_{6}C$ ના ઉત્સર્જન માટે,

$Q = [m_N({}^{223}_{88}Ra) + m_N({}^{209}_{82}Pb) - m_N({}^{14}_{6}C)]c^2$

$= [m({}^{223}_{88}Ra) - m({}^{209}_{82}Pb) - m({}^{14}_{6}C)]c^2 = 31.85$ MeV

${}^{4}_{2}He$ ના ઉત્સર્જન માટે, $Q = [m({}^{223}_{88}Ra) - m({}^{219}_{86}Rn) - m({}^{4}_{2}He)]c^2 = 5.98$ MeV

13.27 $Q = [m({}^{238}_{92}U) + m_n - m({}^{140}_{58}Ce) - m({}^{99}_{44}Ru)]c^2 = 231.1$ MeV

13.28 (a) $Q = [m(^2_1H) + m(^3_1H) - m(^4_2He) - m_n]c^2 = 17.59$ MeV

(b) કુલંબ અપાકર્ષણને ઓળંગી જવા (પાર કરવા) માટે જરૂરી ગતિઊર્જા = 480.0 *ke*V

$480.0\ keV = 7.68 \times 10^{-14} J = 3\ kT$

$T = \frac{7.68 \times 10^{-14}}{3 \times 1.381 \times 10^{-23}}$ ($k = 1.381 \times 10^{-23}$ JK^{-1} હોવાથી)

$= 1.85 \times 10^9$ K (જરૂરી તાપમાન)

13.29 $K_{max}(\beta_1^-) = 0.284$ MeV, $K_{max}(\beta_2^-) = 0.960$ MeV

$\nu(\gamma_1) = 2.627 \times 10^{20}$ Hz, $\nu(\gamma_2) = 0.995 \times 10^{20}$ Hz, $\nu(\gamma_3) = 1.632 \times 10^{20}$ Hz

13.30 (a) નોંધો કે સૂર્યના અંતરિયાળ ભાગમાં ચાર ^1_1H ન્યુક્લિયસ સંયોજાઈને એક ^4_2He ન્યુક્લિયસ બનાવે છે અને દર ઘટના દીઠ લગભગ 26 MeV ઊર્જા વિમુક્ત કરે છે. 1 kg હાઈડ્રોજનના સંલયનમાં વિમુક્ત થતી ઊર્જા = 39×10^{26} MeV.

(b) $^{235}_{92}U$ ના 1 kgના વિખંડનમાં વિમુક્ત થતી ઊર્જા = 5.1×10^{26} MeV.

1 kg હાઈડ્રોજનના સંલયનમાં વિમુક્ત થતી ઊર્જા, 1 kg યુરેનિયમના વિખંડનમાં વિમુક્ત થતી ઊર્જાના લગભગ 8 ગણી છે.

13.31 3.076×10^4 kg

પ્રકરણ 14

14.1 (c)

14.2 (d)

14.3 (c)

14.4 (c)

14.5 (c)

14.6 અર્ધતરંગ માટે 50 Hz, પૂર્ણ તરંગ માટે 100 Hz.

14.7 ના (E_g કરતાં $h\nu$ મોટું હોવું જોઈએ.)

14.8 $n_e \approx 4.95 \times 10^{22}$, $n_h = 4.75 \times 10^9$. *n*-પ્રકારનો, કારણ કે $n_e >> n_h$.

વિદ્યુતભાર તટસ્થતા (ન્યુટ્રાલિટી) માટે $N_D - N_A = n_e - n_h$, $n_e . n_h = n_i^2$

આ સમીકરણો ઉકેલવાથી $n_e = \frac{1}{2}\left[(N_D - N_A) + \sqrt{(N_D - N_A)^2 + 4n_i^2}\right]$

14.9 લગભગ 1×10^5

14.10 (a) 0.0629 A, (b) 2.97 A, (c) 0.336 Ω

(d) બંને વૉલ્ટેજ માટે, પ્રવાહ I લગભગ I_0 જેટલો જ હશે, જે રિવર્સ બાયસ દરમિયાન લગભગ અનંત ડાયનેમિક અવરોધ દર્શાવે છે.

14.12 NOT :

A	Y
0	1
1	0

14.13 (a) AND, (b) OR

14.14 OR ગેટ

14.15 (a) NOT, (b) AND

BIBLIOGRAPHY

પાઠ્યપુસ્તકો

આ પુસ્તકમાં આવરી લેવાયેલ મુદ્દાઓ અંગેના વધારાનાં વાચન માટે નીચેનાં પુસ્તકોમાંથી એક કે વધુ પુસ્તકનું વાચન કરવાનું કદાચ તમને ગમશે. જોકે આમાંનાં કેટલાંક પુસ્તકો વધુ ઊંચાં સ્તરનાં છે અને આ પુસ્તકમાંના મુદ્દાઓ કરતાં ઘણા વધુ મુદ્દાઓ ધરાવતા હોઈ શકે.

1. **Ordinary Level Physics,** A.F. Abbott, Arnold-Heinemann (1984)
2. **Advanced Level Physics,** M. Nelkon and P. Parker, 6th Edition Arnold-Heinemann (1987)
3. **Advanced Physics,** Tom Duncan, John Murray (2000)
4. **Fundamentals of Physics,** David Halliday, Robert Resnick and Jearl Walker, 7th Edition John Wily (2004)
5. **University Physics,** H.D. Young, M.W. Zemansky and F.W. Sears, Narosa Pub. House (1982)
6. **Problems in Elementary Physics,** B. Bukhovtsa, V. Krivchenkov, G. Myakishev and V. Shalnov, MIR Publishers, (1971)
7. **Lectures on Physics (3 volumes),** R.P. Feynman, Addision – Wesley (1965)
8. **Berkeley Physics Course** (5 volumes) McGraw Hill (1965)
   a. Vol. 1 – Mechanics: (Kittel, Knight and Ruderman)
   b. Vol. 2 – Electricity and Magnetism (E.M. Purcell)
   c. Vol. 3 – Waves and Oscillations (Frank S. Craw-ford)
   d. Vol. 4 – Quantum Physics (Wichmann)
   e. Vol. 5 – Statistical Physics (F. Reif)
9. **Fundamental University Physics,** M. Alonso and E. J. Finn, Addison – Wesley (1967)
10. **College Physics,** R.L. Weber, K.V. Manning, M.W. White and G.A. Weygand, Tata McGraw Hill (1977)
11. **Physics : Foundations and Frontiers,** G. Gamow and J.M. Cleveland, Tata McGraw Hill (1978)
12. **Physics for the Inquiring Mind,** E.M. Rogers, Princeton University Press (1960)
13. **PSSC Physics Course,** DC Heath and Co. (1965) Indian Edition, NCERT (1967)
14. **Physics Advanced Level,** Jim Breithampt, Stanley Thornes Publishers (2000)
15. **Physics, Patrick Fullick,** Heinemann (2000)
16. **Conceptual Physics,** Paul G. Hewitt, Addision-Wesley (1998)
17. **College Physics,** Raymond A. Serway and Jerry S. Faughn, Harcourt Brace and Co. (1999)
18. **University Physics,** Harris Benson, John Wiley (1996)
19. **University Physics,** William P. Crummet and Arthur B. Western, Wm.C. Brown (1994)
20. **General Physics,** Morton M. Sternheim and Joseph W. Kane, John Wiley (1988)
21. **Physics,** Hans C. Ohanian, W.W. Norton (1989)
22. **Advanced Physics,** Keith Gibbs, Cambridge University Press(1996)

23. **Understanding Basic Mechanics,** F. Reif, John Wiley (1995)
24. **College Physics,** Jerry D. Wilson and Anthony J. Buffa, Prentice-Hall (1997)
25. **Senior Physics, Part – I,** I.K. Kikoin and A.K. Kikoin, Mir Publishers (1987)
26. **Senior Physics, Part – II,** B. Bekhovtsev, Mir Publishers (1988)
27. **Understanding Physics,** K. Cummings, Patrick J. Cooney, Priscilla W. Laws and Edward F. Redish, John Wiley (2005)
28. **Essentials of Physics,** John D. Cutnell and Kenneth W. Johnson, John Wiley (2005)

સામાન્ય પુસ્તકો

વિજ્ઞાન અને માહિતીપ્રદ તથા મનોરંજક વ્યાપક વાચન માટે તમને કદાચ નીચેનામાંથી કેટલાંક પુસ્તકો વાંચવાનું ગમશે. આમ છતાં યાદ રાખો કે આમાંનાં ઘણાં પુસ્તકો આ પુસ્તકના સ્તર કરતા ઘણા આગળના સ્તરે લખાયેલ છે.

1. **Mr. Tompkins** in paperback, G. Gamow, Cambridge University Press (1967)
2. **The Universe and Dr. Einstein,** C. Barnett, Time Inc. New York (1962)
3. **Thirty years that Shook Physics,** G. Gamow, Double Day, New York (1966)
4. **Surely You're Joking, Mr. Feynman,** R.P. Feynman, Bantam books (1986)
5. **One, Two, Three… Infinity,** G. Gamow, Viking Inc. (1961)
6. **The Meaning of Relativity**, A. Einstein, (Indian Edition) Oxford and IBH Pub. Co (1965)
7. **Atomic Theory and the Description of Nature**, Niels Bohr, Cambridge (1934)
8. **The Physical Principles of Quantum Theory,** W. Heisenberg, University of Chicago Press (1930)
9. **The Physics- Astronomy Frontier,** F. Hoyle and J.V. Narlikar, W.H. Freeman (1980)
10. **The Flying Circus of Physics with Answer,** J. Walker, John Wiley and Sons (1977)
11. **Physics for Everyone** (series), L.D. Landau and A.I. Kitaigorodski, MIR Publisher (1978)
    Book 1 : Physical Bodies
    Book 2 : Molecules
    Book 3 : Electrons
    Book 4 : Photons and Nuclei
12. **Physics can be Fun,** Y. Perelman, MIR Publishers (1986)
13. **Power of Ten,** Philip Morrison and Eames, W.H. Freeman (1985)
14. **Physics in your Kitchen Lab.,** I.K. Kikoin, MIR Publishers (1985)
15. **How Things Work : The Physics of Everyday Life,** Louis A. Bloomfield, John Wiley (2005)
16. **Physics Matters : An Introduction to Conceptual Physics,** James Trefil and Robert M. Hazen, John Wiley (2004)

પારિભાષિક શબ્દો

Absorption spectra - શોષણ વર્ણપટ
AC voltage - AC વોલ્ટેજ
Accelerators in India - ભારતમાં પ્રવેગકો
Additivity of charges - વિદ્યુતભારોનું ઉમેરાવું
Alpha decay - આલ્ફા ક્ષય
Alpha particle scattering - આલ્ફા કણનું પ્રકીર્ણન
Angle of deviation - વિચલન કોણ
Angle of incidence - આપાત કોણ
Angle of reflection - પરાવર્તન કોણ
Angle of refraction - વક્રિભૂત કોણ
Angular magnification - કોણીય મોટવણી
Apparent depth - આભાસી ઊંડાઈ
Area element vector - ક્ષેત્રફળ ખંડ સદિશ
Atomic mass unit - એટમીક માસ યુનિટ
Atomic number - પરમાણુ ક્રમાંક
Atomic spectra - પરમાણુ વર્ણપટ
Aurora Boriolis - ઓરોરા બોરિઓલિસ
Band gap - બેન્ડ ગેપ
Bar magnet - ગજીયો ચુંબક
as solenoid - સેલેનોઈડ તરીકે
Barrier potential - બેરિયર સ્થિતિમાન
Beta decay - બીટા ક્ષય
Binding energy per nucleon - ન્યુક્લિયોન દીઠ બંધનઊર્જા
Bohr magneton - બોહ્‌ર મેગ્નેટોન
Bohr radius - બોહ્‌ર ત્રિજ્યા
Bohr's model of atom - બોહ્‌રનું પરમાણુ મોડેલ
Bohr's postulates - બોહ્‌ર અધિતર્ક
Capacitive circuit - કેપેસીટીવ પરિપથ
Capacitor - સંધારક (કેપેસીટર)
Cartesian sign convention - કાર્તેઝીય સંજ્ઞા પદ્ધતિ
Cells in parallel - સમાંતરમાં વિદ્યુતકોષો
Cells in series - શ્રેણીમાં વિદ્યુતકોષો
Chain reaction - શૃંખલા પ્રક્રિયા
Charging by induction - પ્રેરણ દ્વારા વિદ્યુતભારિત કરવું
Chromatic aberration - વર્ણ-વિપથનની ક્ષતિ
Coherent source - સુસંબદ્ધ ઉદ્‌ગમ
Combination of lenses - લેન્સનું સંયોજન
Combination of resistors
series - અવરોધોનું શ્રેણી સંયોજન
parallel - અવરોધોનું સમાંતર સંયોજન
Composition of nucleus - ન્યુક્લિયસનું બંધારણ
Concave mirror - અંતર્ગોળ અરીસો
Conduction band - કન્ડક્શન બેન્ડ
Conductivity - વાહકતા
Conductor - વાહકો
Conservation of charge - વિદ્યુતભારનું સંરક્ષણ
Conservative force - સંરક્ષી બળ
Control rods - નિયંત્રક સળિયા
Convex mirror - બહિર્ગોળ અરીસો
Critical angle - ક્રાંતિકોણ
Curie temperature - ક્યુરિ તાપમાન
Current density - પ્રવાહ ઘનતા
Current loop as a magnetic dipole - લૂપ ચુંબકીય ડાયપોલ તરીકે
Current sensitivity of galvanometer - ગેલ્વેનોમીટરની પ્રવાહ સંવેદિતા
Cut-off voltage/stopping potential - કટ-ઓફ વોલ્ટેજ/સ્ટોપીંગ પોટેન્શ્યલ
Cyclotron frequency - સાયક્લોટ્રોન આવૃત્તિ
Damping - વિદ્યુતચુંબકીય અવમંદન

પારિભાષિક શબ્દો

Decay constant	-	ક્ષય નિયંતાક
Diamagnetism	-	ડાયામેગ્નેટીઝમ
Dielectrics	-	ડાયઈલેક્ટ્રીક પારવિદ્યુત
Dielectric constant	-	ડાયઈલેક્ટ્રીક અચળાંક
Dielectrics strength	-	ડાયઈલેક્ટ્રીક સ્ટ્રેન્થ
Diffraction	-	વિવર્તન
single slit	-	એક સ્લિટ વડે વિવર્તન
Dipole moment	-	ડાયપોલ મોમેન્ટ
Dipole moment vector	-	ડાયપોલ મોમેન્ટ સદિશ
Dipole in uniform electric field	-	સમાન વિદ્યુતક્ષેત્રમાં ડાયપોલ
Dispersion by a prism	-	પ્રિઝમ દ્વારા વિભાજન
Displacement current	-	સ્થાનાંતર પ્રવાહ
Drift velocity	-	ડ્રિફ્ટ વેગ
Earth's magnetism	-	પૃથ્વીનું ચુંબકત્વ
Earthing	-	ભૂયોજન
Eddy currents	-	ઘૂમરી પ્રવાહ
Electric charge	-	વિદ્યુતભાર
Electric current	-	વિદ્યુતપ્રવાહ
Electric dipole	-	વિદ્યુત ડાયપોલ
Electric displacemnt	-	વિદ્યુત સ્થાનાંતર
Electric field	-	વિદ્યુતક્ષેત્ર
Electric field lines	-	વિદ્યુતક્ષેત્ર રેખાઓ
Electric flux	-	વિદ્યુતફ્લક્સ
Electric susceptibility	-	ઈલેક્ટ્રીક સસેપ્ટીબિલીટી
Electrical energy	-	વિદ્યુતઊર્જા
Electromagnetic waves,	-	વિદ્યુતચુંબકીય તરંગો,
Electron emission	-	ઈલેક્ટ્રોન ઉત્સર્જન
Electrostatics of conductors	-	સુવાહકોનું સ્થિતવિદ્યુતશાસ્ત્ર
Electromotive force (emf)	-	ઈલેક્ટ્રોમોટીવ ફોર્સ(emf)
Emission spectra	-	ઉત્સર્જન વર્ણપટ
Energy bands	-	ઊર્જાસ્તરોનો પટ્ટો
generation in stars	-	તારાઓમાં ઊર્જાની ઉત્પત્તિ
levels	-	ઊર્જાસ્તર
stored in capacitor	-	કેપેસીટરમાં સંગ્રહિત ઊર્જા
Equipotential surfaces	-	વિદ્યુત સમસ્થિતિમાન પૃષ્ઠો
Excited state	-	ઉત્તેજીત અવસ્થા
Extrinsic semiconductor	-	આંતરિક અર્ધવાહકો
Fast breeder reactor	-	ઝડપી સંવર્ધક રીએક્ટર
Ferro magnetism	-	ફેરોમેગ્નેટિઝમ (લોહચુંબકત્વ)
Field	-	ક્ષેત્ર
due to infinite plane sheet		અનંત વિસ્તારવાળા સમતલને લીધે
due to uniformly charged thin spherical shell	-	નિયમિત વિજભારને લીધે ધરાવતી પાતળી ગોલીય કવચના લીધે
Field emission	-	ક્ષેત્ર ઉત્સર્જન
Facal length	-	કેન્દ્રલંબાઈ
Force between two parallel currents	-	બે સમાંતર વિજપ્રવાહો લાગતું બળ
Fringe width	-	શલાકાની પહોળાઈ
Full-wave rectifier	-	પૂર્ણતરંગ રેક્ટીફાયર
Gamma		
rays	-	ગામા કિરણો
decay	-	ગામા ક્ષય
Geographic meridian	-	ભૌગોલિક તલ
Gold leaf electroscope	-	સોનાનાં વરખ ધરાવતું ઈલેક્ટ્રોસ્કોપ
Ground state	-	ગ્રાઉન્ડ સ્ટેટ (ધરા અવસ્થા)
Half life	-	અર્ધ જીવનકાળ
Half - wave rectifier	-	અર્ધતરંગ રેક્ટીફાયર
Horizontal component of earth's magnetic field	-	પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્રનો સમક્ષિતિજ ઘટક
Impact parameter	-	સંઘાત પ્રાચલ
Impedence diagram	-	ઈમ્પેડન્સ આકૃતિ
Inductance		
mutual	-	અન્યોન્ય પ્રેરકત્વ
self	-	આત્મ પ્રેરકત્વ

Induction of charge - વિદ્યુતભારનું પ્રેરણ
Inductive circuit - ઈન્ડક્ટીવ પરિપથ
reactance - ઈન્ડક્ટીવ રીએક્ટન્સ
Insulator - અવાહકો
Interference
constructive - સહાયક વ્યતિકરણ
destructive - વિનાશક વ્યતિકરણ
fringes - વ્યતિકરણ શલાકાઓ
Internal resistance - આંતરિક અવરોધ
Intrinsic semiconductor - શુદ્ધ અર્ધવાહક
Ionisation energy - આયનીકરણ ઊર્જા
Isobars - સમદળીય
Isotones - આઈસોટોન
Lateral shift - પાર્શ્વિક સ્થાનાંતર
Law
of radioactive decay - રેડિયોએક્ટીવ ક્ષયનો નિયમ
of reflection - પરાવર્તનનો નિયમ
of refraction - વક્રીભવનનો યિમ
L. C. Oscillatons - LC દોલનો
Linear
charge density - રેખીય વિદ્યુતભાર ઘનતા
magnification / magnifying power - રેખીય મોટવણી / મોટવશક્તિ
Magnetic declination - ચુંબકીય દિક્પાતકોણ (ડેક્લીનેશન)
Magnetic dipole - ચુંબકીય દ્વિ-ધ્રુવી (ડાયપોલ)
diole moment of a revolving electron - પરિભ્રમણ કરતા ઈલેક્ટ્રોનની ચુંબકીય ડાયપોલ મોમેન્ટ (ચાકમાત્રા)
field - ચુંબકીય ક્ષેત્ર
field lines - ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ
field on the axix of circular current loop - વર્તુળાકાર પ્રવાહ લૂપની અક્ષ પર ચુંબકીય ક્ષેત્ર
flux - ચુંબકીય ફ્લક્સ
force on a current carrying conductor - પ્રવાહ ધારિત વાહક પરનું ચુંબકીય બળ
force - ચુંબકીય બળ
hysterisis - ચુંબકીય હિસ્ટરીસીસ
inclination - ચુંબકીય નમનકોણ
intensity - ચુંબકીય તીવ્રતા
meridian - ચુંબકીય ધ્રુવતળ
moment of a current loop - પ્રવાહ લૂપની ચુંબકીય ચાકમાત્રા
moment - ચુંબકીય ચાકમાત્રા
permeability - ચુંબકીય પારગમ્યતા (પર્મિએબીલીટી)
potential energy - ચુંબકીય સ્થિતિઊર્જા
susceptibility - ચુંબકીય સસેપ્ટીબીલીટી
Torque - ટોર્ક (બળ-યુગ્મ)
Magnetisation - મેગ્નેટાઈઝેશન
Majority carriers - મેજોરીટી વાહકો
Mass
defect - દળ-ક્ષતિ
number - દળાંક
Energy relation - દળ-ઊર્જા સંબંધ
Mean life - સરેરાશ જીવનકાળ
Microscope - માઈક્રોસ્કોપ
compound - સંયુક્ત માઈક્રોસ્કોપ
Microwaves - માઈક્રોવેવ્ઝ
Minority carriers - માઈનોરીટી વાહકો
Mirage - મૃગજળ, મરીચિકા
Mirror equation - અરીસાનું સમીકરણ
Mobility - મોબીલીટી (ગતિશીલતા)
Moderator - મોડરેટર
Motion in a magnetic field - ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં ગતિ
Motional emf - ગતિક emf
Moving coil galvanometer - ચલિત ગૂંચળાવાળું ગેલ્વેનોમીટર
Multiplication factor (fission) - ગુણક અંક (મલ્ટીપ્લીકેશન ફેક્ટર) (વિખંડન)

Noise	-	ઘોંઘાટ
Non-polar molecules	-	અ-ધ્રુવીય અણુઓ
North pole	-	ઉત્તર ધ્રુવ
n-type semiconductro	-	n-પ્રકારનો અર્ધવાહક
Nuclear		
binding energy	-	ન્યુક્લિયર બંધન ઊર્જા
density	-	ન્યુક્લિયર ઘનતા
energy	-	ન્યુક્લિયર ઊર્જા
fission	-	ન્યુક્લિયર વિખંડન
force	-	ન્યક્લિયર બળ
fusion	-	ન્યુક્લિયર સંલયન
holocaust	-	ન્યુક્લિયર આફત
reactor	-	ન્યુક્લિયર રીએક્ટર
size	-	ન્યુક્લિયસનું માપ
winter	-	ન્યુક્લિયર શિયાળો
Numerical aperture	-	સંખ્યાત્મક દર્પણમુખ
Optical fibres	-	ઓપ્ટીકલ ફાઈબર
Orbital magnetic moment	-	કક્ષીય ચુંબકીય ચાકમાત્રા
Paramagnetism	-	પેરામેગ્નેટિઝમ (અનુચુંબકત્વ)
Permanent magnets	-	કાયમી ચુંબકો
Permeability of free space	-	મુક્ત અવકાશની પારગમ્યતા
Permittivity		
of free space	-	મુક્ત અવકાશનો પરાવૈદ્યુતાંક
of medium	-	માધ્યમનો પરાવૈદ્યુતાંક
Phasors diagram	-	ફેઝર આકૃતિ
Photoelectric emission	-	ફોટો ઇલેક્ટ્રીક ઉત્સર્જન
Photon	-	ફોટોન
Pith ball	-	બરૂની ગોળી
Plane Polarised wave	-	સમતલ ધ્રુવીભૂત તરંગ
Point charge	-	બિંદુવત વિદ્યુતભાર
Polar molecules	-	ધ્રુવીય અણુઓ
Polarisation	-	ધ્રુવીભવન
by reflection	-	પરાવર્તન દ્વારા ધ્રુવીભવન
by scattering	-	પ્રકીર્ણન દ્વારા ધ્રુવીભવન
Polarity of charge	-	વિદ્યુતભારની ધ્રુવીયતા
Potential		
due to an electric dipole	-	વિદ્યુત ડાયપોલને લીધે સ્થિતિમાન
due to a point charge	-	બિંદુવત વિદ્યુતભારને લીધે સ્થિતિમાન
due to a system of charges	-	વિદ્યુતભારોના તંત્રને લીધે સ્થિતિમાન
energy difference	-	સ્થિતિઊર્જાનો તફાવત
energy for a system of charges	-	વિદ્યુતભારોના તંત્રની સ્થિતિઊર્જા
energy of a dipole	-	ડાયપોલની સ્થિતિઊર્જા
energy of a single charge	-	એકાકી વિદ્યુતભારની સ્થિતિઊર્જા
energy of a system of two charges	-	બે વિદ્યુતભારોના તંત્રની સ્થિતિઊર્જા
energy	-	સ્થિતિઊર્જા
Power (electrical)	-	પાવર (વિદ્યુત)
factor	-	પાવર ફેક્ટર
in ac circuit	-	ac પરિપથમાં પાવર
of lens	-	લેન્સનો પાવર
Pressurised heavy water reactors	-	પ્રેશરાઈઝ્ડ ભારે પાણી રીએક્ટરો
Primary coil	-	પ્રાથમિક ગૂંચળું
Principal focus	-	મુખ્યકેન્દ્ર
Principal quantum number	-	મુખ્ય ક્વોન્ટમ અંક
Prism formula	-	પ્રિઝમનું સૂત્ર
Properties of electric charge	-	વિદ્યુતભારના ગુણધર્મો
p-type semiconductor	-	p-પ્રકારનો અર્ધવાહક
Q-factor/quality factor	-	Q-ફેક્ટર/ગુણવત્તા અંક
Quanta of energy	-	ઊર્જાના ક્વોન્ટમ
Quantization of charge	-	વિદ્યુતભારનું ક્વોન્ટમીકરણ
Radio waves	-	રેડિયો તરંગો

Radioactivity	-	રેડિયો એક્ટીવીટી
Rainbow	-	મેઘધનુષ્ય
Ray optics,	-	કિરણ પ્રકાશશાસ્ત્ર
Rectifier	-	રેક્ટીફાયર
Red shift	-	રેડ શીફ્ટ
Reflection of light	-	પ્રકાશનું પરાવર્તન
Refraction of a plane wave	-	સમતલ તરંગનું વક્રીભવન
Refractive index	-	વક્રીભવનાંક
Relation between field and potential	-	ક્ષેત્ર અને સ્થિતિમાન વચ્ચેનો સંબંધ
Relaxation time	-	રીલેક્સેશન સમય
Retentivity	-	રીટેન્ટીવીટી (ધારણા-શીલતા, શેષચુંબકત્વ)
Resistance	-	અવરોધ
Resistivity of some materials	-	કેટલાંક દ્રવ્યોની અવરોધકતા
Resolving power of eye	-	આંખની વિભેદન શક્તિ
Resonance	-	અનુનાદ
sharpness	-	તીક્ષ્ણતા
Resonant frequency	-	અનુનાદીય આવૃત્તિ
Reverse bias	-	રિવર્સ બાયસ
Right hand rule	-	જમણા હાથનો નિયમ
Root mean square (rms) or effective	-	સરેરાશ વર્ગિતનું વર્ગમૂળ (rms)અથવા અસરકારક
current	-	પ્રવાહ
voltage	-	વોલ્ટેજ
Saturation current	-	સંતૃપ્ત પ્રવાહ
Scattering of light	-	પ્રકાશનું પ્રકીર્ણન
Secondary wavelet	-	ગૌણ તરંગો
Semiconductor		
diode	-	અર્ધવાહક ડાયોડ
elemental	-	તાત્વિક અર્ધવાહકો
compound	-	સંયોજન અર્ધવાહકો
Shunt resistance	-	શંટ અવરોધ
Solar cell	-	સૌર કોષ (સોલર સેલ)
South pole	-	દક્ષિણ ધ્રુવ
spectral series	-	વર્ણપટ શ્રેણીઓ
Spectrum of light	-	પ્રકાશનો વર્ણપટ
Spherical mirror	-	ગોલીય અરીસો
Spin magnetic moment	-	સ્પીન ચુંબકીય ચાકમાત્રા
Surface charge density	-	વિદ્યુતભારની પૃષ્ઠ ઘનતા
Telescope	-	દૂરબીન (ટેલીસ્કોપ)
Temperature dependence of resistivity	-	અવરોધકતાનું તાપમાન પરનું અવલંબન
Thermionic emission	-	ઉષ્માજનિત ઉત્સર્જન
Thermonuclear fusion	-	તાપન્યુક્લિય સંલયન
Thin lens formula	-	પાતળા લેન્સનું સૂત્ર
Threshold frequency	-	સીમાંત (થ્રેશોલ્ડ) આવૃત્તિ
Torque		
on a current loop	-	પ્રવાહ લૂપ પર લાગતું ટોર્ક
on a dipole	-	ડાયપોલ પર લાગતું ટોર્ક
Total internal reflection	-	પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન
Transformer		
step-down	-	સ્ટેપ ડાઉન ટ્રાન્સફોર્મર
step-up	-	સ્ટેપ અપ ટ્રાન્સફોર્મર
Uncertainty principle	-	અનિશ્ચિતતાનો સિદ્ધાંત
Unpolarised wave	-	અધ્રુવીભૂત તરંગ
Ultraviolet rays	-	પારજાંબલી કિરણો (અલ્ટ્રાવાયોલેટ)
Valence band	-	વેલન્સ બેન્ડ
Velocity selector	-	વેગ પસંદગીકાર (સીલેક્ટર)
Visible rays	-	દૃશ્ય કિરણો
Voltage regulator	-	વોલ્ટેજ રેગ્યુલેટર
Voltage sensitivity of a galvanometer	-	ગેલ્વેનોમીટરની વોલ્ટેજ સંવેદિતા
Volume charge density	-	વિદ્યુતભારની કદ ઘનતા
Wavefront		
plane	-	સમતલ તરંગઅગ્ર
spherical	-	ગોળાકાર તરંગઅગ્ર