ภาคผนวกที่ 1 ปริมาณทางฟิสิกส์

Quantity and symbol	Formula	Unit	Symbol of unit	Dimension of quantity
	Basic Unit			
Length l	-	metre	m	l
Mass	-	kilogramme	kg	m
Time t	-	sicond	s	t
	Derived units			
Area A	$A = l^2$	square metre	m^2	l^2
Volume V	$V = l^3$	cubic metre	m^3	l^3
Frequency v	$\nu = \frac{1}{T}$	hertz	Hz	l-1
Angular velocity	$w = \frac{\Delta\Psi}{\Delta t}$	radian per second	rad/s	l-1
Angular acceleration	$\alpha = \frac{\Delta w}{\Delta t}$	radian per second per second	rad/s^2	l-2
Linear velocity v	$v = \frac{\Delta l}{\Delta t}$	metre per second	m/s	lt-1
Linear acceleration a	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	metre per second per second	m/s^2	lt-2

Quantity and symbol	Formula	Unit	Symbol of Unit	Dimension of quantity
Density ρ	$\rho = \frac{m}{v}$	kilogramme per cubic metre	kg/m^3	$l^{-3} m$
Fore F, weight G	F = ma	newton	N	lmt^{-2}
Specific weight	$= \frac{G}{V}$	newton per cubic metre	N/m^3	$l^{-2} mt^{-2}$
Pressure p	$p = \frac{F}{A}$	newton per square metre	N/m^2	$l^{-1} mt^{-1}$
Momentum $\bar{p}$	$\bar{p}$ = mv =FΔt	kilogrammemetre per	kg. m/s	lmt^{-1}
Moment of Inertia I	$I = ml^2$	kilogrammesquare metre	$kg.m^2$	$l^2 m$
Work W and energy E	w = Fl	joule	J	$l^2 mt^{-2}$
Power P	$P = \frac{\Delta w}{\Delta t}$	watt	W	$l^2 mt^{-3}$
Dynamic viscosity η	$\eta = \frac{F \Delta l}{A \Delta V}$	newton-second per square metre	$N. s/m^2$	$l^{-1} mt^{-1}$
Kinemativ v viscosity	$v = \frac{n}{\delta}$	square metre per second	m^2 / s	$l^2 t^{-1}$

ภาคผนวกที่ 2 การเปลี่ยนหน่วย

Quantity	Unit and its conversion factor to SI units
Length	1 centimetre (cm) = 10^{-2} m 1 micrometre (micron) ; 1 micron (μ) = 10^{-6} m 1 angstrom (A) = 10^{-10} m
Mass	1 gramme (g) = 10^{-3} kg 1 ton (t) = 10^{3} kg 1 atomic unit of mass (a.u.m.) = 1.66×10^{-27} kg
Plane angle	1 degree (°) = $\frac{\pi}{180}$ rad 1 minute (') = $\frac{\pi}{180} \times 10^{-3}$ rad 1 revolution (rev) = 2 rad
Area	1 are (a) = $100\ m^2$ 1 hectare (ha) = $10^{4}\ m^2$
Volume	1 litre (l) = $1.000028 \times 10^{-3}\ m^3$
Force	1 kilogramme-force (kgf) = 9.81 N 1 ton-force (tonf) = 9.81×10^{3} N
Pressure	1 dyn / cm^2 = 0.1 N/m^2 1 kgf/m^2 = 9.81 N/m^2 1 millimetre of mercury column (mm Hg) = 133.ON/m^2 1 millimetre of water column (mm H_2O) = 9.81 N/m^2 1 technical atmosphere (at) = 1 kgf/cm^2 = 0.981×10^{5} N/m^2 1 physical atmosphere (atm) = 1.013×10^{5} N/m^2
Work , energy,	1 erg = 10^{-7} J
amount of	1 kgf-m = 9.81 J

Quantity	Unit and its conversion factor to SI units
heat	1 erg = 10^{-7} J 1 kgf-m = 9.81 J 1 watt-hour (W-h) = 3.6×10^{3} J 1 electron-volt (eV) = 1.6×10^{19} J 1 calorie (cal) = 4.19×10^{3} J 1 kilocalorie (1 kcal) = 4.19×10^{3} J 1 physical litre-atmosphere (l.atm) = 1.01×10^{2} J 1 technical litre-atmosphere (l.at) = 98.1 J
Power	1 erg/s = 10^{-7} W 1 horsepower (hq) = 75 kgf-m/s = 736 W
Dynamic	1 poise (P) = 0.1 N.s/m^2 = 0.1 kg/m.s
Viscosity	
Kinematic	1 stokes (St) = 10^{-4} m^2/s
viscosity	

ภาคผนวกที่ 3 ปริมาณรังสี

Name	Symbol	Dimensions*
1. Energy imparted (integral absorber dose)	-	E
2. Absorbed dose	D	EM^{-1}
3. Absorbed dose rate	-	$EN^{-1}T^{-1}$
4. Particle fluence or fluence	$\varnothing$	L^{-2}
5. Particle flux density or intenalty	$\varnothing$	$L^{-2}T^{-1}$
6. Energy fluence	F	EL^{-2}
7. energy flux density or intenalty	I	$EL^{-2}T^{-1}$
8. Kerma	K	EM^{-1}
9. Kerma rate	-	$EM^{-1}T^{-1}$
10. Exposure	X	QM^{-1}
11. Exposure rate	-	$QM^{-1}T^{-1}$
12. Mass attenuation coefficient	$\frac{\mu}{\rho}$	$L^{2}M^{-1}$
13. Mass energy transfer coefficient	$\frac{\mu_{K}}{\rho}$	$L^{2}M^{-1}$
14. Mass energy absorption coefficient	$\frac{\mu en}{\rho}$	$L^{2}M^{-1}$
15. Mass stopping power	$\frac{s}{\rho}$	EL^{-1}
16. Linear energy transfer	L	EL^{-1}
17. Averangy energy per ion pair	W	E
18. Acitivity	A	T^{-1}
19. Specifkc gamma-ray constant		$QL^{2}M^{-1}$
20. Dose equivalent	DE	-

ภาคผนวกที่ 4 ตารางเปรียบเทียบหน่วย

MKSA	cgs	Special
1. J	erg	gm rad
2. $J\ kg^{-1}$	$erg\ gm^{-1}$	rad
3. $J\ kg^{-1}\ s^{-1}$	$erg\ gm^{-1}\ s^{-1}$	$rad\ s^{-1}$ etc
4. m^{-2}	cm^{-2}	
5. m^{-2}	$cm^{-2}\ s^{-1}$	
6. $J\ m^{-2}$	$erg\ cm^{-2}$	
7. $J\ m^{-2}\ s^{-1}$	$erg\ cm^{-2}\ s^{-1}$	
8. $J\ kg^{-1}$	$erg\ gm^{-1}$	
9. $J\ kg^{-1}\ s^{-1}$	$erg\ gm^{-1}\ s^{-1}$	
10. $C\ kg^{-1}$	$esu\ gm^{-1}$	R(roentgen)
11. $C\ kg^{-1}\ s^{-1}$	$esu\ gm^{-1}\ s^{-1}$	Rs^{-1} etc.
12. $m^2\ kg^{-1}$	$cm^2\ gm^{-1}$	
13. $m^2\ kg^{-1}$	$cm^2\ gm^{-1}$	
14. $m^2\ kg^{-1}$	$cm^2\ gm^{-1}$	
15. $Jm^2\ kg^{-1}$	$erg\ cm^2\ gm^{-1}$	
16. Jm^{-1}	$erg\ cm^{-1}$	$keV\ (\mu m)^{-1}$
17. J	erg	eV
18. s^{-1}	s^{-1}	c(curie)
19. $cm^2\ kg^{-1}$	$esu\ cm^2\ gm^{-1}$	$Rm^2\ h^{-1}\ c^{-1}$
20. -	-	rem

ภาคผนวกที่ 5 ค่าคงที่ทางฟิสิกส์

Quantity	Numerical value
Gravity constant	6.67×10^{-11} $m^3/kg.s^2$
Number of moleculed in 1 kmole (Avogadro's number) N_A	6.025×10^{26} $kmole^{-1}$
Volume of 1 kmole of an ideal gas	22.4 m^3
under standard conditions V_O	
Universal gas constant R	8.31×10^3 J/kmole.deg
Boltzmann's constant k	1.38×10^{-23} J/deg
Faraday's number F	9.65×10^7 C/kg-eq
Stefan-Boltzmann's constant o	5.67×10^{-8} $W/m^2.deg^4$
Planck's constant h	6.625×10^{-34} J.s.
Electron charge e	1.602×10^{-19} C
Rest mass of an electron m_e	9.11×10^{-31} kg = 5.49×10^{-4} amu
Rest mass of a proton m_p	1.672×10^{-27} kg = 1.00759 amu
Rest mass of a neutron m_n	1.675×10^{-27} kg = 1.00899 amu
Velocity of light propagation in a vacuum	3.00×10^8 m/s

เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 1

1. จงอธิบายถึงการทดลองของรัทเธอร์ฟอร์ด เพื่อหาโครงสร้างของอะตอม

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 3

---

2. อะตอมของรัทเธอร์ฟอร์มีข้อขัดแย้งกับทฤษฎีฟิสิกส์อย่างไร

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 3

---

3. สมมุติฐานเกี่ยวกับอะตอมของบอร์มีใจความอย่างไร

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 5

---

4. $V_n = \frac{2.18x10^6}{n}$ เมตร/วินาที

$R_n = 5.3x10^{-11} n^2$ เมตร

n	V_n	R_n
1	$2.18x10^6$	$5.3x10^{-11}$
2	$1.09x10^6$	$21.2x10^{-11}$
3	$0.727x10^6$	$47.7x10^{-11}$

---

5. ก. เวลาวิ่งครบรอบ (T) = เส้นรอบ / ความเร็ว

$= 2\ R_1 / V_1$

$= \frac{2x3.14x5.3x10^{-11}}{2.18x10^6}$

$= 1.43 \times 10^{-16}$ วินาที / รอบ

ข. ความเร็วเชิงมุม (w) $= \frac{2\pi}{T}$

$= \frac{2x3.4}{1.43x10^{-16}}$

$= 4.4 \times 10^{-16}$ เรเดียน / วินาที

6. พลังงานจลน์ (K.E) $= \frac{1mV_n^2}{2}$

แต่ $V^2_n = \frac{Ke^2}{mR_n}$

ดังนั้น K.E. $= \frac{1m}{2}\frac{(Ke^2)}{mR_n}$

$= \frac{1\,Ke^2}{2\,R_n}$

แต่ $R_n = \frac{n^2\hbar^2}{mKe^2}$

ดังนั้น K.E. $= \frac{1}{2}Ke^2\left(\frac{mKe^2}{n^2\hbar^2}\right)$

$= \frac{mK^2e^4}{2n^2\hbar^2}$

แทนค่า K.E. $= \frac{(9.11x10^{-31})(9x10^9)^2(1.6x10^{-19})^4}{2n^2(1.055x10^{-32})^2}$

$= \frac{2.172x10^{-18}}{n^2}$ จูล

$= \frac{2.172\,x\,10^{-18}}{1.6\,x\,10^{-19}n^2}$ eV

$= \frac{13.6}{n^2}$

$$\text{K.E} = \frac{13.6}{n^2}$$

เมื่อ n = 1, K.E. = 13.6 eV

เมื่อ n = 2, K.E = $\frac{13.6}{4}$ = 3.4 eV

เมื่อ n = 3, K.E. = $\frac{13.6}{9}$ = 1.51 eV

เมื่อ $n = \infty$ K.E. $= \frac{13.6}{}$

---

7. พลังงานจลน์ $= \frac{mK^2E^4}{2n^2\hbar^2}$

$= \frac{13.6}{n^2}$

$= 13.6$ eV

พลังงานศักย์ $= -\frac{mK^2e^4}{n^2\hbar^2}$

$= \frac{-27.2}{n^2}$

$= -27.2$ eV

พลังงานรวม = พลังงานจลน์ + พลังงานศักย์

$= 13.6 + (-27.2)$ eV

$= -13.6$ eV

---

8. ให้ U_i = พลังงานในการแตกตัว

W_i = งานในการทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนจากวงจรเข้าสู่

$$\boxed{eU_i = W_i}$$

สำหรับอะตอมไฮโดรเจน

$$W_i = h\nu = hcR\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right)$$

$$\boxed{U_i = \frac{hcr}{e}\left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2}\right)}$$

เมื่อ $n_i = \infty$, $n_i = 1$

จะได้ $U_i = \frac{hcR}{e} = -13.6$ eV

---

9. $E_1 = -13.6$ eV

$E_2 = -3.4$ eV

excitation ครั้งที่หนึ่งเกิดขึ้นเมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานแล้วเคลื่อนที่จากวงโคจรชั้น n = 1 ไปยังวงโคจรชั้น n = 2

$\Delta E = E_f - E_i$

$= (-13.6) - (-3.4) = -10.2$ eV

excitation potential ครั้งที่หนึ่งเท่ากับ 10.2 อิเล็คตรอนโวลต์

---

10. ก. $^{24}_{12}Mg$ มี P = 12, n = 12

ข. $^{25}_{2}Mg$ มี P = 12, n = 13

ค. $^{26}_{12}Mg$ มี P = 12, n = 14

---

11. จงอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างเลขมวล (A) กับพลังงานยึดเหนี่ยวเฉลี่ยต่อนิวคลีออน (B.E. / A) ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 28

---

12. $B.E. = [ZM_H + (A - Z)m_n - M]\,931$

แทนค่า $B.E. = [13(1.00814) + (27 - 13)1.00899 - 26.9901]\,931$

$= 225$ MeV

พลังงานยึดเหนี่ยวของ $^{27}_{13}Al$ เท่ากับ 255 MeV

---

13. ก. B.E. = [1 (1.00814) + (3 - 1)1.00899 - 3.017] 931

= 8.5 MeV

$\frac{B.E.}{A}$ = $\frac{8.3}{3}$ = 2.8 MeV

ข. B.E. = [2(1.00814) + (3 - 2)1.00899 - 3.01699] 931

= 7.7 MeV

$\frac{B.E.}{A}$ = $\frac{7.7}{3}$ = 2.6 MeV

เนื่องจาก $^{3}_{1}H$ มีค่า B.E. / A มากกว่า ดังนั้น $^{3}_{1}H$ จึงมีเสถียรภาพดีกว่า

---

14. B.E. = [ZM_H + (A - Z)m_n -M] 931

แทนค่า B.E = [3(1.00814) + (7 - 3)1.00899 - 7.01823] 931

= 0.04215 x 931 MeV

= 39.3 MeV

พลังงานยึดเหนี่ยวของ $^{7}_{3}$Li เท่ากับ 39.3 MeV

---

15. B.E. = [ZM_H + (A - Z)m_n -M] 931

แทนค่า B.E. = [2(1.00814) + (4 - 2)1.00899 - 4.00388] 931

= 23.8 MeV

พลังงานยึดเหนี่ยวของ $^{4}_{2}$He เท่ากับ 23.8 MeV

---

16. Q = (M_{Li} + M_H - M_{He} - M_{He}) 931

แทนค่า Q = (7.01823 + 1.00814 - 4.00388 - 4.00388) 931

= 0.01861 x 931 MeV

= 17.3 MeV

พลังงานที่ได้จากปฏิกริยานิวเคลียร์นี้เท่ากับ 17.3 MeV

---

17. $Q = (M_N + M_{He} - M_H - M_O)\ 931$

$= (14.00752 + 4.00388 - 1.00814 - 17.00453)\ 931$

$= -1.18$ MeV

พลังงานถูกดูดกลืน 1.18 MeV

---

18. $Q = (M_U + M_D - M_{He} - M_{He})\ 931$

แทนค่า 22.3 $= (M_U + 2.01474 - 4.00388 - 4.00388)\ 931$

$M_U = 6.017$ เอเอ็มยู

มวลของลิเธียม-6 เท่ากับ 6.017 เอเอ็มยู

---

19. จงอธิบายฟิชชัน (Fission)

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 33

---

20. จงอธิบายฟิวชั่น (Fusion)

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 35

เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 2

1. พลังงาน (E) $= \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.625 \times 10^{-34})(3 \times 10^{8})}{0.16 \times 10^{-10}}$

$= 1.15 \times 10^{-13}$ จูลย์

มวล (m) $= \frac{h}{c} = \frac{6.625 \times 10^{-34}}{(0.016 \times 10^{-10})(3 \times 10^{8})}$

$= 1.38 \times 10^{-30}$ กิโลกรัม

โมเมนตัม(P) $= \frac{h}{\lambda} = \frac{6.625 \times 10^{-34}}{0.016 \times 10^{-10}}$

$= 4.1 \times 10^{-22}$ กิโลกรัม.เมตร / วินาที

2.

$$m = \frac{h}{c}$$

ก. แสงสีแดง $m = \frac{6.625 \times 10^{-34}}{(7 \times 10^{5} \times 10^{2})(3 \times 10^{8})}$

$= 3.2 \times 10^{-36}$ กิโลกรัม

ข. รังสีเอ็กซ์ $= \frac{6.625 \times 10^{34}}{(0.25 \times 10^{-10})(3 \times 10^{8})}$

$= 8.8 \times 10^{-32}$ กิโลกรัม

ค. รังสีแกมมา $= \frac{6.625 \times 10^{34}}{(1.24 \times 10^{-2} \times 10^{-10})(3 \times 10^{8})}$

$= 1.8 \times 10^{-30}$ กิโลกรัม

---

3. โมเมนตัมของอิเล็คตรอน = โมเมนตัมของโฟตอน

$$mV = \frac{h}{\lambda}$$

$$\boxed{V = \frac{h}{m\lambda}}$$

แทนค่า $V = \dfrac{6.625 \times 10^{-34}}{(9.11 \times 10^{-31})(5{,}200 \times 10^{-10})}$

$= 1.400$ เมตร / วินาที

---

4. พลังงานจลน์ = พลังงานโฟตอน

$$\frac{1}{2} mV^2 = \frac{hc}{\lambda}$$

$$V^2 = \frac{2hc}{m\lambda}$$

$$\boxed{v = \sqrt{\frac{2hc}{m\lambda}}}$$

แทนค่า $V = \sqrt{\dfrac{2(6.625 \times 10^{-34})(3 \times 10^{8})}{(9.11 \times 10^{-31})(5{,}200 \times 10^{-10})}}$

$= 9.2 \times 10^{5}$ เมตร / วินาที

ความเร็วของอิเล็คตรอน = 9.2×10^{5} เมตร / วินาที

5.

$$\boxed{E = \frac{\bar{P} x c}{st}}$$

แทนค่า E = $\frac{(3 \times 10^{-4} \times 10^{-3} \times 10^{-2})(3 \times 10^{8})}{(2 \times 10^{-4})(0.5 \times 60)}$

= 150 จูลย์ / ตารางเมตร

พลังงานที่ตกกระทบ = 150 จูลย์ / ตารางเมตร

---

6. E = $\frac{12.4}{\lambda}$ = $\frac{12.4 \times 10^{3}}{4,860}$

= 2.56 eV

พลังงานของอิเล็คตรอนเปลี่ยนไป 2.56 eV

7.

$$E = mc^{2}$$

แทนค่า E = $(9.11 \times 10^{-31})(3 \times 10^{8})^{2}$

= $\frac{(9.11 \times 10^{-31})(3 \times 10^{8})^{2}}{(1.6 \times 10^{-19})}$

= $\frac{(9.11 \times 10^{-31})(3 \times 10^{8})^{2}(10^{-6})}{(1.6 \times 10^{-19})}$

= 0.511 MeV

---

8. จงอธิบายเครื่องกำเนิดรังสีเอ็กซ์ แสดงส่วนประกอบต่าง ๆพร้อมอธิบายการทำงานด้วย

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 43

---

9. จงอธิบายกำเนิดรังสีอิเล็กตรอนในระดับอะตอม

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 43

---

10. จงอธิบายส่วนประกอบที่มีผลต่อความเข้มและพลังงานของรังสีเอ็กซ์

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 46

---

11. $E_{max} = \frac{hc}{\lambda \text{ min}}$

แต่ $E_{max} = eV$

ดังนั้น $eV = \frac{hc}{\lambda \text{ min}}$

$$h = \frac{eV\lambda_{min}}{c}$$

แทนค่า $h = \frac{(1.6 \times 10^{-19})(60 \times 10^{3})(0.206 \times 10^{-10})}{3 \times 10^{8}}$

$= 6.6 \times 10^{-34}$ J.s.

ค่าคงที่ของแพลงค์เท่ากับ 6.6×10^{-34} จูลย์.วินาที

---

12. $\lambda_{min} = \frac{hc}{E_{max}} = \frac{hc}{ev}$

ก. V = 30 กิโลโวลต์

$\lambda_{min} = \frac{(6.625 \times 10^{-34})(3 \times 10^{8})(10^{-10})}{(1.6 \times 10^{-19})(30 \times 10^{3})}$

$= 0.431$ A°

ข. V = 40 กิโลโวลต์

$\lambda_{min} = \frac{(6.625 \times 10^{-34})(3 \times 10^{8})(10^{-10})}{(1.6 \times 10^{-19})(40 \times 10^{3})}$

$= 0.310$ A°

ค. V = 50 กิโลโวลต์

$$\lambda_{min} = \frac{(6.625 \times 10^{-34})(3 \times 10^{8})(10^{-10})}{(1.6 \times 10^{-19})(50 \times 10^{3})}$$

$$= 0.248 \ A^{\circ}$$

---

13. จาก $\lambda_{min} = \frac{hc}{E_{max}} = \frac{hc}{ev}$

$$v = \frac{hc}{e\lambda_{min}}$$

แทนค่า v $$= \frac{(6.625 \times 10^{-34})(3 \times 10^{8})}{(1.6 \times 10^{-19})(0.016 \times 10^{-10})}$$

$$= 770 \quad KV$$

จะต้องให้ความต่างศักย์ 770 กิโลโวลต์

---

14. $$\lambda_{min} = \frac{hc}{eV} \quad (1)$$

$$2\lambda_{min} = \frac{hc}{e(V-23)} \quad (2)$$

(1) ÷ (2) $$\frac{1}{2} = \frac{V-23}{V}$$

$$V = 2V - 46$$

$$V = 46 \quad KV$$

จาก (1) λ_{min} $$= \frac{(6.625 \times 10^{-34})(3 \times 10^{8})}{(1.6 \times 10^{-19})(4\ 6 \times 10^{3})}$$

$$= 0.27 \ A^{\circ}$$

ความยาวคลื่นที่สั้นที่สุดของรังสีเอ็กซ์เท่ากับ 0.27 อังสตรอม

เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 3

1. จงอธิบายการแผ่รังสีแอลฟา พร้อมทั้งแสดงสมการการสลายตัวและพลังงานที่ได้จากการสลายตัว

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 66

---

2. จงอธิบายการแผ่รังสีเบตาทั้งสองชนิด แสดงสมการการสลายตัวและพลังงานที่ได้จากการสลายตัว

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 69

---

3. จงอธิบายการแผ่รังสีแกมมา

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 73

---

4. $${}^{4}_{7}N + {}^{1}_{0}C \rightarrow \rightarrow {}^{4}_{6}C + H$$

$${}^{4}_{6}C \rightarrow \rightarrow {}^{0}_{-1}\beta + {}^{4}_{7}N$$

---

5. $${}^{27}_{13}Al + {}^{4}_{2}He \rightarrow \rightarrow {}^{30}_{15}P + {}^{1}_{0}n$$

$${}^{30}_{15}P \rightarrow \rightarrow {}^{0}_{+1}\beta + {}^{30}_{14}Si$$

---

6. หาจำนวนอะตอมของแคดเมียมจำนวน 1 ไมโครกรัมก่อน

จำนวนอะตอม = $\frac{\text{มวล}}{\text{เลขมวล}}$ x เลขอะโวกราโด

หรือ $N = \frac{m}{\text{เลขมวล}} N_A$

แต่ $A = \lambda N = \frac{0.693}{T_{1/2}} N$

A = $0.693mN_A$

เลขมวล x $T_{1/2}$

แทนค่า m = 10^{-9} กิโลกรัม

N_A = 6.02×10^{23}

เลขมวล = 45

$T_{1/2}$ = 164x 24 x 36,000

A = $\frac{0.693 \times 10^{-9} \times 6.02 \times 10^{23}}{45 \times 16 \times 24 \times 3600}$

= 6.53×10^{8} dps

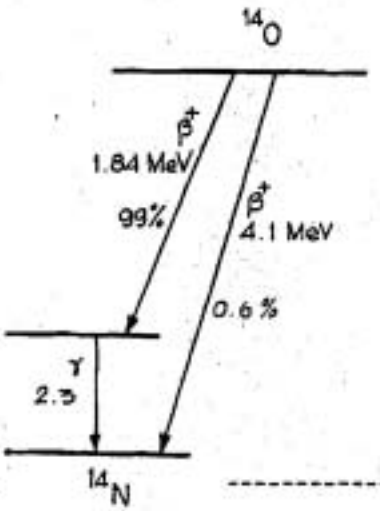
= 1.77×10^{-2} คูรี

= 17.7 มิลลิคูรี

กัมมันตภาพ = 17.7 มิลลิคูรี

---

7. เมื่อออกซิเจน -14 สลายตัวให้รังสีเบตาชนิดบวก พลังงาน 1.84 เอ็มอีวีแล้ว ยังมีพลังงานอยู่ในตัวมากเกินไปจะต้องสลายตัวต่อไปอีก โดยการให้รังสีแกมมาพลังงาน 2.3 เอ็มอีวี ดังนั้นจะเขียนแผนภูมิแสดงการสลายตัวได้ดังนี้



---

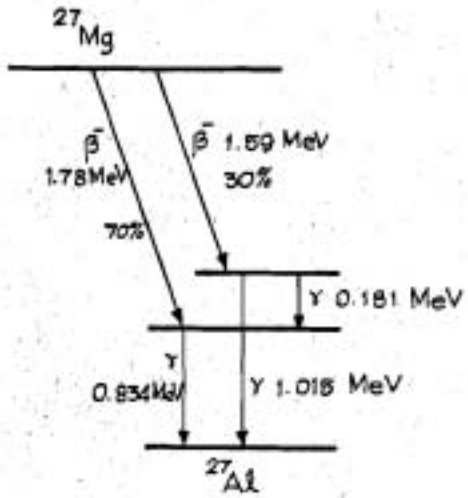
8. การสลายตัวทั้งสองทาง จะต้องมีพลังงานเท่ากัน

ทางที่หนึ่ง = 1.78 + 0.834 = 2.614 MeV

ทางที่สอง = 1.59 + 0.181 + 0.834 = 2.605 MeV

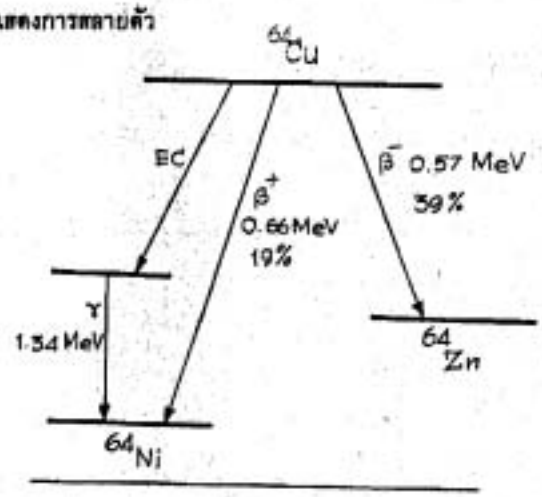
หรือ = 1.59 + 1.015 = 2.605 MeV

ซึ่งจะเขียนแผนภูมิแสดงการสลายตัวได้ดังนี้



---

9. ทองคำ -64 สลายตัวได้ไอโซโทปสองชนิด คือ นิเกิล -64 และ สังกะสี -64 รังสีที่ได้จากการสลายตัว คือ รังสีเบตาชนิดบวกพลังงาน 0.66 เอ็มอีวีจำนวน 39 % รังสีเบตาชนิดลบพลังงาน 0.57 เอ็มอีวี จำนวน 19 % และรังสีแกมมาพลังงาน 1.34 เอ็มอีวี นอกจากนี้ยังเกิดขบวนการอิเล็คตรอนแคพเจอร์ด้วย จงเขียนแผนภูมิแสดงการสลายตัว



---

10. จาก $A = A_0 e^{-0.693 t / T_{1/2}}$

แทนค่า t = อายุเฉลี่ย

$= 1.44\ T_{1/2}$

$$\frac{-0.693 \times 1.44 T_{1/2}}{T_{1/2}}$$

$A = A_0 e$

$$= A_0 e^{-0.693 \times 1.44}$$

$$\frac{A}{A_0} = A_0 e^{-0.693 \times 1.44}$$

$$\frac{A}{A_0} = 0.369$$

อัตราส่วนของกัมมันตภาพ = 0.369

---

11. --46. Bi - 210 บางตัวสบายตัวให้รังสีแอลฟา บางตัวสบายตัวให้เนกาตรอน จงเขียนสมการการแสดงการสลายตัว

วิธีทำ

$$^{210}_{83}Bi \rightarrow \rightarrow {}^{206}_{81}Tl + {}^{4}_{2}He$$

$$^{210}_{83}Bi \rightarrow \rightarrow {}^{210}_{84}Pb + {}^{0}_{-}e$$

---

12. ในภาวะสมดุลย์อย่างถาวร

$$A_Y = A_{Sr}$$

$$\frac{N_Y(0.693)}{64 \times 3600} = 50 \times 10^{-3} \times 3.7 \times 10^{10}$$

$$N_Y = 6.2 \times 10^{14}$$

จำนวนอะตอม Y- 90 เท่ากับ 6.2×10^{14}

จำนวนกรัม = จำนวนอะตอม x เลขมวล

อะโวกาโด

$$= \frac{6.2 \times 10^{14} \times 90}{6.2 \times 10^{23}}$$

$$= 9.18 \times 10^{-8}$$

จำนวนกรัมเท่ากับ 9.18×10^{-8} กรัม

---

13. จาก $A = A_0 e^{-0.693t / T_{1/2}}$

แทนค่า $25 = 100\ e^{-0.693t / 2.3}$

$t = 4.62$ ชั่วโมง

จะต้องใช้เวลา 4.62 ชั่วโมง

---

14. เนื่องจาก I - 132 อยู่ในภาวะสมดุลย์กับ Te - 132 ซึ่งเป็น parent คือ

Te - 132 = 78 ชั่วโมง

$-0.693t/T_{1/2}$

จาก $A = A_0 e$

แทนค่า $25 = 100e^{-693 t / 78}$

$t = 156.1$ ชั่วโมง

เมื่ออยู่ในภาวะสมดุลย์ชั่วขณะจะต้องใช้เวลา 156.1 ชั่วโมง

---

15. จาก $N = N_0 e^{\lambda t}$

แทนค่า $N = 10^8 (e^{-0.255 \times 1})$

$= 7.7 \times 10^7$

จาก $N_d = N_0 - N$

$= 10^8 - 7.7 \times 10^7$

$= 2.3 \times 10^7$

Au - 198 สลายตัว 2.3×10^7 อะตอม

---

16. $\lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}}$

$= \frac{0.693}{1,622 \times 3.1 \times 10^7}$

$= 1.378 \times 10^{-11} \times s^{-1}$

จาก $A = \lambda N$

$$A = \frac{(1.378 \times 10^{-11})(1 \times 10^{-3} \times 6.02 \times 10^{23})}{226}$$

$$= 3.67 \times 10^{7} \text{ dps}$$

ค่าคงที่การสลายตัว = 1.378×10^{-11} S^{-1}

จำนวนการแตกตัว = 3.67×10^{7} dps

---

17. จาก $A = \varnothing N \sigma (1 - e^{-0.693t / T_{1/2}})$

แทนค่า $A = \frac{(10^{13})(10 \times 6.02 \times 10^{23})(36 \times 10^{-24})(1 - e^{-0.693 \times 5.3})}{58.94}$

$= 4.4 \times 10^{12}$ dps

จาก $A = \lambda N$

$A = \frac{A}{\lambda}$

$= \frac{A.T_{1/2}}{0.693}$

$N = \frac{(4.4 \times 10^{12})(5.3 \times 3.16 \times 10^{7})}{0.693}$

$= 1.06 \times 10^{21}$ อะตอม

Co - 60 เกิดขึ้น 1.06×10^{21} อะตอม

---

18. จาก $A = \varnothing N \sigma (1 - e^{-0.693t / T_{1/2}})$

$= \frac{10^{13} x 10 x 6.02 x 10^{23} x 36 x 10^{-24} (1 - e^{-0.693 \times 0.5 / 5.3})}{58.94}$

$= 2.6 \times 10^{12}$ dps

$= 70.3$ Ci

กัมมันตภาพที่เกิดขึ้นในเวลาครึ่งปี เท่ากับ 70.3 คูรี

---

19. เกิดกัมมันภาพสูงสุด เมื่อ t มีค่ามาก

จาก $A_{max} = \varnothing N\sigma$

แทนค่า $A_{max} = \dfrac{10^{13} x 10 x 6.02 x 10^{23} x 36 x 10^{-24}}{58.94}$

$= 3.67 \times 10^{13}$

$= \dfrac{3.67 \times 10^{13}}{3.7 \times 10^{10}}$

$= 1 \times 10^{3}$ Ci

กัมมันตภาพสูงสุดเท่ากับ 10^3 คูรี

---

20. จงอธิบายอนุกรมการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 102

---

21. จงอธิบายภาวะสมดุลย์ของสารกัมมันตรังสี

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 94

---

22. จงอธิบายการสร้างสารกัมมันตรังสีโดยใช้นิวตรอน

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 102

เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 4

1. จงอธิบายการกระทำของรังสีที่เป็นอนุภาคกับวัตถุ

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 112

---

2. จาก $\mu = \frac{0.693}{HVL}$

และ μ_m ≈ μ / ρ

แทนค่า

วัตถุ	น้ำ	อลูมิเนียม	เหล็ก	ตะกั่ว
$\mu\ (m^{-1})$	6.7	16	44	77
$\mu_m \times 10^3\ (m^2 / kg)$	6.7	6.2	5.6	6.8

---

3. $n = \frac{\log_e 80}{\log_e 2} = 6.35$

จะต้องใช้ 6.35 HLV

---

4. จงอธิบายขบวนการต่าง ๆที่เกิดขึ้นเมื่อรังสีเอ็กซ์หรือรังสีแกมมาเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 118

---

5. ก. จาก

$$\Delta\lambda = 0.0243\ (1 - \cos \varnothing$$

แทนค่า $\Delta\lambda = 0.0243\ (1 - \cos \frac{\pi}{2})$

$= 0.024 \quad A^{\circ}$

$\lambda' = \lambda + \Delta\lambda$

$= 0.708 + 0.024$

$= 0.732 \quad A^{\circ}$

ความยาวคลื่นของรังสีเอ็กซ์ที่สะท้อนเป็นมุม $\pi / 2$ เท่ากับ 0.732 อังสตรอม

ข. $\Delta\lambda = 0.0243 \left(1 - \cos \frac{\pi}{2}\right)$

$= 0.048 \quad A^{\circ}$

$\lambda' = \lambda + \Delta\lambda$

$= 0.708 + 0.048$

$= 0.756 \quad A^{\circ}$

ความยาวคลื่นของรังสีเอ็กซ์ที่สะท้อนเป็นมุม เท่ากับ 0.756 อังสตรอม

---

6. $\Delta\lambda = 0.0243 \left(1 - \cos \varnothing\right)$

$\Delta\lambda = 0.0243 \left(1 - \cos 60^{\circ}\right)$

$= 0.012$

$\lambda = \lambda' - \Delta\lambda$

$= 0.254 - 0.012$

$= 0.242 \quad A^{\circ}$

ความยาวคลื่นของรังสีเอ็กซ์เท่ากับ 0.242 อังสตรอม

---

7. ก. $\Delta\lambda = 0.0243 \left(1 - \cos 90^{\circ}\right)$

$= 0.0243 \quad A^{\circ}$

ความยาวเปลี่ยนไป 0.0243 อังสตรอม

ข. λ' = $\Delta\lambda + \lambda$

= 0.0243 + 0.2

= 0.2243 A°

$$E' = \frac{12.4}{\lambda'}$$

$$E' = \frac{12.4}{0.2243}$$

= 55.4 KeV

พลังงานของรังสีเอ็กซ์สะท้อนเท่ากับ 55.4 เคอีวี

$$E = \frac{12.4}{\lambda'}$$

$$= \frac{12.4}{0.2}$$

= 62 KeV

พลังงานของรังสีเอ็กซ์ตกกระทบเท่ากับ 62 เคอีวี

พลังงานของคอมปีตันอิเล็คตรอน = E - E'

= 62 - 55.4

= 6.6 KeV

ค. K.E. = $\frac{1}{2}mV^2$

V = $\sqrt{\frac{2K.E.}{m}}$

$$= \sqrt{\frac{2\left(6.6 \times 10^{3} \times 1.6 \times 10^{-19}\right)}{9.11 \times 10^{-31}}}$$

= 5×10^{7} m / s

$\bar{P}$ = mV

= $(9.11 \times 10^{-31})(5 \times 10^{7})$

= 4.4×10^{-23} kg.m / s

โมเมนตัมของคอมปีตันอิเลคตรอนเท่ากับ 4.4×10^{-23} กก. / เมตร

---

8. พลังงานของโฟตอนสะท้อน (E') = พลังงานของโฟตอนตกกระทบ (E)

E' = $\frac{E}{2}$

$\frac{1.24}{\lambda'}$ = $\frac{1.24}{2\lambda'}$

$$\lambda = \frac{\lambda'}{2}$$

$\Delta\lambda$ = 0.0243 (1 - cos 90°)

= 0.0243 A°

$\Delta\lambda$ = $\lambda' - \lambda$

$\Delta\lambda$ = $\lambda' - \frac{\lambda'}{2}$ = $\frac{\lambda'}{2}$

λ' = $2\Delta\lambda$

= 2 (0.0243)

= 0.0486 A°

E' = $\frac{12.4}{\lambda'}$

= $\frac{12.4}{0.0486}$

= 2.6×10^{2} KeV

พลังงานของโฟตอนสะท้อนเท่ากับ 2.6×10^{2} เคอีวี

9. $\Delta\lambda$ = $\frac{20}{100}\lambda$ = 0.2 λ

$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = 0.2\,\lambda$

$\lambda' = 1.2\,\lambda$

$\frac{1}{E'} = \frac{1.2}{E}$

$$E' = \frac{E}{1.2}$$

แทนค่า $E' = \frac{0.6}{1.2}$

$= 0.5$ MeV

พลังงานของโฟตอนสะท้อนเท่ากับ 0.5 เอ็มอีวี

ดังนั้น พลังงานของคอมปีตันอิเล็กตรอน = 0.6 - 0.5

= 0.1 เอ็มอีวี

เฉลยแบบฝึกหัด บทที่5

1. จงอธิบายหลักการทำงานของเครื่องวัดรังสีชนิดไกเกอร์

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 147

---

2. จงอธิบายหลักการทำงานของเครื่องวัดรังสีชนิดซิลทิลเลชัน

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 150

---

3. จงอธิบาย gamma ray spectrometry

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 153

---

4. จงอธิบายวงจรอิเล็คโทรนิคส์ที่ใช้ในเครื่องวัดรังสีชนิดซิลทิลเลชัน

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 163

---

5. จงอธิบาย Film badge และ TLD

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 169, 170

เฉลยแบบฝึกหัด บทที่ 6

1. จงอธิบายเอ็กโพเซอร์

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 177

---

2. จงอธิบายโคส

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 174

---

3. จงอธิบายพลังงานถ่ายทอดเชิงเส้น

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 180

---

4. จงอธิบายค่าคงที่รังสีแกมมาจำเพาะ

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 181

เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 7

1. จงอธิบายวิธีวัดโดสของรังสีเมื่อแหล่งกำเนิดรังสีอยู่ภายนอกร่างกาย

ดูหนังสือฟิสิกส์รังสีหน้า 188

---

2. $E \leq 3$ MeV

$\frac{hc}{\lambda} \leq 3$ MeV

$$\lambda \geq \frac{hc}{3}$$

แทนค่า $\lambda \geq \frac{(6.625 \times 10^{-34})(3 \times 10^{8})(10^{10})}{3 \times 10^{6} \quad 1.6 \times 10^{-19}}$

$\geq 4.1 \times 10^{-3}$

หน่วยเรินเกนท์ใช้ได้กับรังสีเอ็กซ์ หรือ รังสีแกมมาที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 4.1×10^{-3} อังสตรอม

---

3. ไอออนที่เกิดในอากาศมวล Δm เมื่อได้รับโดส D คิดเป็นประจุ ΔQ ดังนี้

$$\Delta Q = D\Delta m \qquad (1)$$

มวล Δm และปริมาณ ΔV ของอากาศมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$\Delta m = \frac{\Delta V p \mu}{RT} \qquad (2)$$

เมื่อ P = ความดันของอากาศ

T = อุณหภูมิของอากาศ

μ = มวลของหนึ่งกิโลโมล

R = ค่าคงที่ของแกส

จำนวนไอออนคู่เท่ากับ

$$N = \frac{\Delta Q}{e} \qquad (3)$$

เมื่อ e = ประจำของไอออนแต่ละชนิด

จากสมการ 1, 2, และ 3

$$\boxed{N = \frac{DVP\mu}{eRT}}$$

แทนค่า D = 1 เรินเกนท์ = 2.58×10^{-4} C / Kg

V = 1 ซม.^{3} = 10^{-6} ม^3

P = 760 มม.ปรอท = 10^5 นิวตัน / ม^2

μ = 29 กก. / กิโลโมล

R = 8.31×10^3 จูลย์ / กิโลโมล.องศา

T = 273° เคลวิน

e = 1.6×10^{-19} คูลอมบ์

$$N = \frac{(2.58 \times 10^{-4})(10^{-6})(10^5)(29)}{(1.6 \times 10^{-19})(8.3 \times 10^3)(273)}$$

= 2.1×10^9 ไอออนคู่

เกิดไอออนคู่จำนวน 2.1×10^9 คู่

เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 8

1. จงอธิบายการนำรังสีมาใช้เป็นประโยชน์ทางการแพทย์

ดูหนังสือฟิสิกส์หน้า 207

---

2. จงอธิบายการนำรังสีมาใช้เป็นประโยชน์ทางอุตสาหกรรม

ดูหนังสือฟิสิกส์หน้า 210

---

3. จงอธิบายการนำรังสีมาใช้เป็นประโยชน์ทางธรณีวิทยา

ดูหนังสือฟิสิกส์หน้า 212

เฉลยแบบฝึกหัดบทที่ 9

1. จงอธิบายปฏิกริยาของรังสีที่มีต่อน้ำซึ่งเป็นส่วนประกอบที่มีมากที่สุดของร่างกายมนุษย์

ดูหนังสือฟิสิกส์หน้า 216

---

2. จงอธิบายผลของรังสีที่มีผลต่อระบบต่าง ๆของร่างกาย

ดูหนังสือฟิสิกส์หน้า 218

---

3. จงบอกค่าปริมาณรังสีสูงสุดที่ยอมให้ร่างกายรับได้ (MPD)

ดูหนังสือฟิสิกส์หน้า 219

---

4. จงอธิบายการระวังป้องกันอันตรายจากรังสี

ดูหนังสือฟิสิกส์หน้า 221

หนังสืออ้างอิง

Attix, F. H. and W. C. Roesch, eds., **Radiation Dosimetry**. Vols. I, II, and II. Academic Press, New York, 1966.

Aller, L. H., **Abundance of the Elements**. Intrscience Publishers, New York, 1961.

Auxier, J. A., Synder, W. S., and Jones, T. D., "**Neutron Interactions and Penetrations in Tissue.**" **Radiation Dosimetry**. 2nd ed., Vol. I (F. H. Attix and W. C. Roesch, eds.).

Bergmann, P. G. **Introduction to the Theory of Relativity**. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1942.

Bearden, J. A., "**X-ray Wavelengths.**" Rev. Modern Phys. 39, 78, 1967.

Brownell, G. L., W. H. Ellett, and A. R. Reddy, "**Absorbed Fractions for Photon Desimetry.**" J. Nuc. Med. 9, Supp. 1, 1968.

Cohen, E. R. and J. W. M. DuMond, "**Our Knowledge of the Fundamental Constants of Physics and Chemistry in 1965.**" Rev. Modern Physics, 37, 537, 1965.

Campion, P. J., "**A Study of Proportional Counter Mechanisms.**" Int. J. Applied Rad. and Isotopes 19, 219, 1968.

Dillman, L. T., "**Radionuclide Decay Schemes and Nuclear Parameters For Use In Radiation-dose Estimation.**" J. Nuc. Med. 10, Supp. 2, 1969.

Daniel, H., "**Shapes of the Beta-ray Spectra.**" Rev. Modern Physics 40, 659, 1968.

Evans, R. **Atomic Nucleus**. International Series in Pure and Applied Physics. McFraw-Hill, New York, 1955.

Elton, L. R. B., **Introductory Nuclear Theory**. W. B. Saunders, Philadelphia, 1966.

Elrick, R H. and R. P. Parker, "**The Use of Cerenkov Radiation in the Measurement of α-emitting Radionuclides.**" Int. J. Applied Rad. and Isotopes 19, 263, 1968.

Feynmann, R. P., R. B. Leightons, and M. Sands, **The Feynmann Lectures on Physics**. Vol. II. Addison-Wesley, Reading, Mass., 1964.

Fleischer, R. L., P. B. Price, and R. M. Walker, "**Solid State Track Detectors: Applications to Nuclear Science and Geographics.**" Ann. Rev. Nuc. Sci. 15, 1, 1965.

Fano, U. and L. Fano, **Basic Physics of Atoms and Molecules**. Wiley, New York, 1959.

Fano, U., "**Penetration of Protons, Alpha Particles, and Mosons.**" Ann. Rev. Nuc. Sci. 13, 1, 1963.

Fraser, J. S. and J. C. D. Milton, "**Nuclear Fission.**" Ann. Rev. Nuc. Sci. 16, 379, 1966.

Focht, E. F., Quimby, E. H., and Gershowitz, M.: **Recised average geometric factors for cylinders in isotope dosage**, Radiology 85, 151-152 (1965).

Heath, R. L., **Scintillation Spectrometry and Gamma-Ray Spectrum Catalog**. 2nd ed., Vol. I and II. Clearinghouse for Federal Scientific and Technical Information, Springfield, Va., 1964.

Halpern, I., "**Nuclear Fission.**" Ann. Rev. Nuc. Sci. 9, 245, 1959.

Hine, G., and Brownell, G.: **Radiation Dosimetry**, Academic Press, New York, 1956.

Johns, H. E.: **The Physics of Radiology**, Charles C. Thomas, Springfield, Ill., 1961.

Lowenthal, G. C., "**Secondary Standard Instruments for the Activity Measurement of Pure β Emitters. A Review.**" Int. J. Applied Rad. and Isotopes 20, 559, 1969.

Lovett, D. B., "**Track Etch Detectors for Alpha Exposure Estimation.**" Health Phy\sics 6, 623, 1969.

Leighton, R. B., **Principles of Modern Pgysics**. InternationalSeries in Pure and Applied hysics. McGraw-Hill, New York, 1959.

Leaderer, C. M., J. M. Hollander, and I. Perlman, **Table of Isotopes**. 6th ed. Wiley, New York, 1967.

Lee, T. D., "**Space Inversion, Time Recersal, and Particle - Antiparticle Conjugation.**" Physics Today 19, 23, 1966.

Miller, G. L., W. Gibson, and P. F. Donovan. "**Semiconductor Particle Detectors.**" Ann. Rev. Nuc. Sci. 12, 189, 1962.

Mattauch, J. H. E., W. Thiele, and A. H. Wapstra. "**Atomic Mass Tables.**" Nuclear Physics 67, 1, 1995.

Mossbauer, R. L., "**Recoilless Nuclear Resonance Absorption.**" Ann. Rev. Nuc. Aci. 12, 123, 1962.

Measurements of Neutron Flux and Spectra for Physical and Biological Applications.

NCRP Report No. 28. National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, D. C. 1960. Handbook No.. 72 of the National Bureau of Standards.

Price, W, J. **Nuclear Radiation Detection**. McGraw-hill, New York, 1964.

Parmentier, J. H. and F. E. L. Tenhalf, "**Developments in Scientillation Counting Since 1968.**" Int. J. Applied and Isotopes 20, 305, 1966.

Preston, M. A. **Physics of the Nucleus**. Addison-Wesley, Radiating, Mass., 1962.

Physical Aspects of Irreadiation. ICRU Report 10b, 1960. International Commission on Radiation Units and Measurements, Washington, D. C.

Physical Aspects of Irradiation. ICRU Report 10b, 1960. **International Commission on Radiation Units and Measurements**, Washington, D.C. Handbook No. 85 of the National Bureau of Standards.

Quimby, E., and Fetelberg, S.: **Radioative Isotopes in Medicine and Biology**, Lea & Febiger, Phiadelpis, 1963.

Rutherglen, J. G., "**Spark Chambers.**" Progress in Nuclear Physics 9, 1, 1964.

Radiation Quantities and Units. Reoprt No. 11 of International Commission and Radiological Units, ICRU Publications, Washington, D. C., 1968.

"**RadiationQuantities and Units,**" ICRU Rept. 10a, published as Natl. Bur. Std.(U.S.) Handbook 84 (1962).

"**Report of the RBE Committee to the International Commissions on Radiological Protection and on Radiological Units and Measurement,**" Helath Phys. 9, 357 (1963).

Shortley, G. and D. W. Williams, **Elements of Physics**. 5 th ed., Vols. I and II. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1971.

Segre, E., ed., **Experimental Nuclear Physics**. Vol. I. Wiley, New York, 1953.

Synder, W. S. et al., "**Estimates of Absorbed Dose Fractions for Monoenergeti Photon Sources Uniformly Distributed In Various Organs of a Hetergeneous Phantom.**" J. Nuc. Med. 10, Supp. 3, 1969.

Seaborg, G. T., "**Elements Beyond 100. Present Status and Future Prospects.**" Ann. Rev. Nuc. Sci. 18, 53, 1968.

_____. **The Transuranium Elements.** Addison - Wesley, Reading, Mass., 1958.

Seaborg, G. T., et al., **The Transuranium Elements.** Nat. Nuc. Engin. Series. McGraw-Hill, New York, 1949.

Tavendale, A. J., "**Semiconductor Nuclear Radiation Detectors.**" Ann. Rev. Nuc. Sci. 17, 73, 1967.

Widman, J., C. et al., "**Average Energy of Bata Spectra.**" Int. J. Applied Rad. and Isotopes 19, 1, 1968.

Wu, C. S. and S. A. MosZkowski, **Beta Decay.** Interscience Publishers, Wiley, New York, 1966.

White, G. R., **X-ray Attenuation Coefficients from 10 kev to 100 Mev.** Nat. Bureau tandards Report 1003, 1952.