

經濟部辦理台電公司及中油公司 95 年度新進職員甄試試題

核工類 專業科目一：核工原理

注	1. 本試題共 6 頁(含 A3 紙 1 張、A4 紙 1 張) 2. 本試題為選擇題，60 題共 100 分，其中 1-40 題為單選題，41-60 題為複選題。 3. 須用 2B 鉛筆在答案卡劃記作答，於本試題或其他紙張作答者不予計分。 4. 本試題採雙面印刷，請注意正、背面試題。
意	5. 考試結束前離場者，試題須隨答案卡繳回，俟該節考試結束後，始得索取。 6. 考試時間：80 分鐘。

【單選題：40 題，每題 1.5 分，共 60 分；請就各題選項中選出最適當者為答案，答錯者，該題不予計分，亦不扣分。】

- 某放射性核種之衰變常數為 λ ，則該放射性核種之平均壽命(mean-life)為：

(A) $\frac{\ln 2}{\lambda}$ (B) $\frac{\lambda}{\ln 2}$ (C) $\ln \lambda$ (D) $\frac{1}{\lambda}$ (E) $\frac{\lambda}{1.44}$
- 中子與非氫之原子核發生彈性碰撞時，碰撞後中子移動方向與原入射方向之夾角為下列何者時，中子之能量損失最小？

(A) 接近 0 度 (B) 45 度 (C) 90 度 (D) 135 度 (E) 180 度
- 已知某一放射性核種之衰變常數為 λ ，於時間 $T=0$ 時之活度(Activity)為 A_0 ，請問該放射性核種於時間 $T=t$ 時之活度應為下列何者？

(A) $A_0 e^{-\lambda t}$ (B) $A_0 e^{\lambda t}$ (C) $A_0 e^{\frac{0.693}{\lambda} t}$ (D) $A_0 e^{-\frac{0.693}{\lambda} t}$ (E) $A_0 e^{\frac{\lambda t}{0.693}}$
- 有一放熱(exothermic)核反應： $a + b \rightarrow c + d$ ，假設 M_a 、 M_b 、 M_c 、 M_d 分別為核種 A、B、C、D 的靜止質量，光速為 C ，則此核反應之 Q 值(Q-Value)應為下列何者？

(A) $[(M_a+M_b) - (M_c+M_d)] \times C^2$ (B) $[(M_a+M_b) + (M_c+M_d)] \times C^2$
 (C) $[(M_c+M_d) - (M_a+M_b)] \times C^2$ (D) $[(M_c+M_d) - (M_a+M_b)] / C^2$
 (E) $[(M_a+M_b) - (M_c+M_d)] / C^2$
- 1 原子質量單位(amu)相當於多少能量？

(A) 0.511 MeV (B) 1.022 MeV (C) 180 MeV (D) 200 MeV (E) 931.5 MeV
- 室溫時(溫度為 20°C)，熱中子之速率為 2200 公尺/秒，請問此熱中子之能量為多少？

(A) 0.00253 eV (B) 0.0253 eV (C) 0.253 eV (D) 2.53 eV (E) 25.3 eV
- 下列何者為熱中子與 U-235 最主要的作用方式？

(A) 彈性散射 (B) 非彈性散射 (C) 共振反應 (D) 分裂反應 (E) 成對發生
- 任一元素之所有原子個數中，某一同位素所佔比例稱為該同位素之豐度，以“%”(atom percent)表示。請問作為輕水式反應器燃料之 U-235 在天然鈾中之豐度為多少%？

(A) 0.0057 (B) 0.72 (C) 3.5 (D) 5.0 (E) 99.27
- 某汽力電廠之額定熱出力為 2980 MW，扣除廠內用電後，該電廠之輸出電功率為 985 MW，則該電廠之整體熱效率為下列何者？

(A) 33 % (B) 49 % (C) 67 % (D) 98.5 % (E) 303 %
- 輕水式反應器使用之 UO_2 燃料丸是一種陶瓷材料，具有高熔點的特性。請問未照射過的 UO_2 燃料丸之熔點大約為多少°C？

(A) 4800°C (B) 3200°C (C) 2800°C (D) 2200°C (E) 1800°C

11. 有關核反應器燃料溫度增高時，燃料對中子的共振(resonance)吸收截面之敘述，下列何者正確？

- (A) 共振能帶變寬，共振最高截面值降低 (B) 共振能帶變寬，共振最高截面值增高
 (C) 共振能帶變窄，共振最高截面值降低 (D) 共振能帶變窄，共振最高截面值增高
 (E) 共振能帶寬度不變，共振最高截面值亦不變

12. 某發電機組之額定電力輸出為 1300 MW，機組效率為 33%，在一年的連續運轉時間內共輸出 385000 MWD 之電力。請問該機組之容量因數(Capacity Factor)為多少？

- (A) 27% (B) 41% (C) 54% (D) 81% (E) 90%

13. 反應器物理提到的單能群中子擴散方程式，若 D 為擴散係數， ϕ 為中子通量(flux)， Σ_a 為介質之中子吸收巨觀截面， S 為中子源強度，則當中子擴散達到平衡時之中子擴散方程式為下列何者：

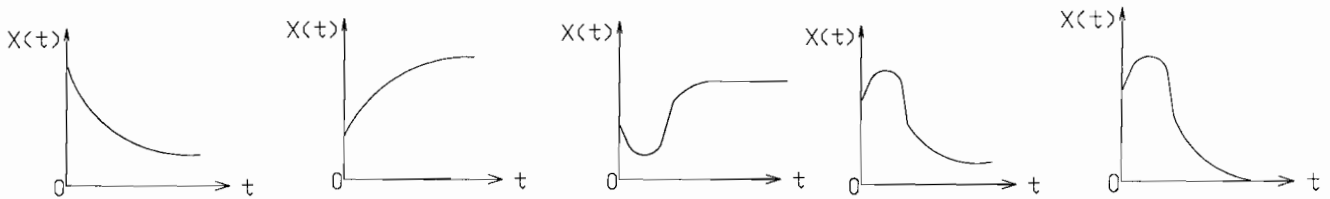
- (A) $-D\nabla^2\phi + \Sigma_a\phi + S = 0$ (B) $-D\nabla^2\phi - \Sigma_a\phi + S = 0$ (C) $D\nabla^2\phi - \Sigma_a\phi + S = 0$
 (D) $D\nabla^2\phi + \Sigma_a\phi + S = 0$ (E) $D\nabla^2\phi + \Sigma_a\phi - S\phi = 0$

14. 一無限大反應器臨界運轉，其增殖因數(Multiplication Factor)突增為 1.002，若瞬發中子生命為 10^{-4} 秒，請問在無延遲中子之情況下，1 秒鐘後反應器功率會上升多少倍？

- (A) 5 (B) 20 (C) e (D) e^5 (E) e^{20}

15. 當反應器穩定滿載運轉 1 個月後快速停機(時間 $t=0$)，則停機後爐內氙毒(Xe)之濃度 $x(t)$ 隨時間 t 之變化為：

- (A) (B) (C) (D) (E)



16. 已知一含鈾重 200 公斤、濃縮度為 3.5% 的新核燃料，其預定退出燃耗為 40 MWD/kgU，請問此燃料於到達預定燃耗值退出時，總共可發出多少能量？

- (A) 7100 MWD (B) 7400 MWD (C) 7700 MWD (D) 8000 MWD (E) 8300 MWD

17. 於反應器物理提到一參數“反應度(ρ)”， $\rho=0$ 表示臨界， $\rho>0$ 表示超臨界， $\rho<0$ 表示次臨界。又沸水式反應器定義“空泡分率(void fraction)”為爐心[水蒸汽體積]對[水蒸汽及液態水體積和]之比值。當空泡分率增加時，下列何者為反應度的變化？

- (A) 增加 (B) 不變 (C) 減少 (D) 先增加再減少 (E) 先減少再增加

18. 核燃料 η 值之定義為每被燃料吸收一個中子所產生之中子數。現有一核燃料其 U-235 與 U-238 之原子數比為 4:100，U-235 之熱中子微觀吸收截面為 680 邦(barns)、微觀分裂截面為 580 邦，U-235 每次分裂平均放出 2.42 個中子；U-238 之熱中子微觀吸收截面為 2.7 邦。請問下列何者為此燃料在熱中子能區之 η 值：

- (A) 2.42 (B) 2.06 (C) 1.88 (D) 1.56 (E) 1.33

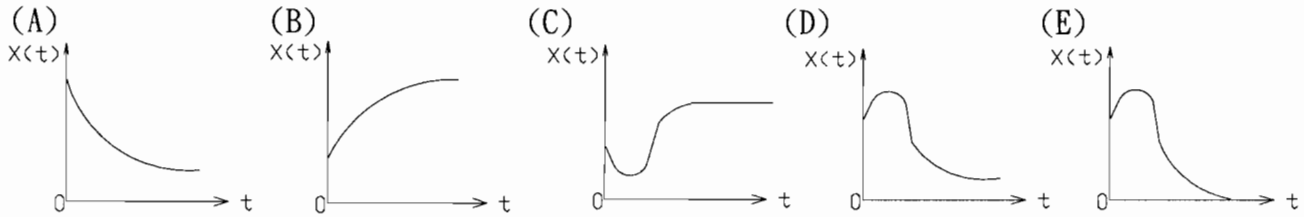
19. 反應器物理提到反應器週期之定義為反應器功率增(或減)為原來功率之幾倍(或幾分之一)所需之時間?(下述只提增為原來幾倍的部分)

- (A) $\ln 2$ 倍 (即 0.693 倍) (B) $\sqrt{2}$ 倍 (即 1.414 倍)
 (C) e 倍 (即 2.718 倍) (D) 2 倍 (E) 10 倍

20. 當核反應器穩定滿載運轉數日，其分裂產物濃度大致達平衡狀態時，該爐心之放射性產物衰變熱約佔反應器熱功率之百分之幾？

- (A) 3 (B) 7 (C) 10 (D) 12 (E) 15

21. 當反應器穩定滿載運轉 6 個月後快速停機(時間 $t=0$)，則停機後爐內鈾毒(Sm)之濃度 $x(t)$ 隨時間 t 之變化為：



22. 假設有一球形裸反應器直徑為 314 公分，由鈾-235 與石墨組成，請問此反應器之曲度(Buckling) B^2 為多少 cm^{-2} ?

- (A) 3.14×10^{-2} (B) 4×10^{-2} (C) 2×10^{-4} (D) 3.14×10^{-4} (E) 4×10^{-4}

23. 在一次使用之核燃料循環(once-through fuel cycle)中，當燃料由何處退出(Withdrawn)後，即進入核燃料循環後端營運之範疇?

- (A) 鈾轉化廠 (B) 鈾濃縮廠 (C) 核燃料製造廠 (D) 核反應器 (E) 核廢料處置場

24. 下列那一個核種不在 U-238 的衰變序列 (Decay Series) 上?

- (A) $^{222}_{86}\text{Rn}$ (B) $^{214}_{84}\text{Po}$ (C) $^{230}_{90}\text{Th}$ (D) $^{226}_{88}\text{Ra}$ (E) $^{208}_{82}\text{Pb}$

25. 下列何者之射質因數(Quality factor)最大?

- (A) 5MeV 貝他粒子 (B) 5MeV 加馬射線 (C) 熱中子
(D) 1MeV 阿伐粒子 (E) 1MeV 之 X 射線

26. 輻射的射質因數與下列者有關：

- (A) 加權因數 (B) 線性能量移轉 (C) 佔用因數 (D) 吸收劑量 (E) 空氣克馬

27. 某放射性核種之放射性半衰期為 8 天，生物半衰期為 2 天，則其有效半衰期為多少天?

- (A) 0.625 天 (B) 1.6 天 (C) 2 天 (D) 6 天 (E) 10 天

28. 用來衡量體內暴露的“約定等效劑量”，是指人體對某一單次攝入放射性核種，在其後多少年對人體某一組織或器官所將累積造成之總等效劑量?

- (A) 1 年 (B) 5 年 (C) 10 年 (D) 20 年 (E) 50 年

29. 考慮核種衰變鏈 $A \rightarrow B \rightarrow C$ ，假設 λ_A 與 λ_B 分別為核種 A、B 之衰變常數， $N_A(t)$ 、 $N_B(t)$ 分別為核種 A、B 在時間為 t 時之原子數目， N_{A0} 為核種 A 之初始原子數目，核種 B 之初始原子數目為 0。則下列敘述何者錯誤?

(A) $N_A(t) = N_{A0} e^{-\lambda_A t}$

(B) 若 A 之半衰期比 B 長，經一段相當時間後， $N_B(t)/N_A(t)$ 趨近-常數

(C) 若 A 之半衰期遠比 B 長，經一段相當時間後， $\lambda_B N_B(t) = \lambda_A N_A(t)$

(D) 若 A 之半衰期遠比 B 長，經一段相當時間後， $N_B(t) \cong N_A(t)$

(E) 若 A 之半衰期比 B 短，經一段相當時間後， $N_B(t) \propto e^{-\lambda_B t}$

30. 下列何者最能有效衰減 0.7 MeV 之加馬射線?

- (A) 鉛 (B) 鐵 (C) 鋁 (D) 石墨 (E) 水

31. 某屏蔽材料使屏蔽後之輻射強度降為入射強度之一半所需之厚度，稱該屏蔽材料對入射輻射之『半值層厚度』。請問若使用相同屏蔽材料，則屏蔽厚度至少須達多少個『半值層厚度』，方可使屏蔽後之輻射強度降為入射強度之千分之一? ($\log 2 = 0.301$)

- (A) 2 (B) 10 (C) 100 (D) 300 (E) 500

32. 已知 1 MeV 加馬射線在某屏蔽材料之平均自由行程(mean free path)為 1.35 公分，假設該屏蔽材料之密度為 10 g/cm^3 ，請問該屏蔽材料對 1 MeV 加馬射線之衰減係數為多少?

- (A) 0.051 cm^{-1} (B) 0.074 cm^{-1} (C) 0.094 cm^{-1} (D) 0.135 cm^{-1} (E) 0.74 cm^{-1}

33. 液態鈉(原子量為 22.9)對 100keV 中子之總作用截面為 3.4 邦(barns)，假設液態鈉的密度為 1 g/cm^3 ，請問 100keV 之中子在液態鈉中之平均自由行程(mean free path)應為多少公分?
 (A) 0.09 公分 (B) 3.4 公分 (C) 7.7 公分 (D) 11.2 公分 (E) 22.4 公分
34. 核燃料每單位質量所釋出之分裂能量稱為燃料之 specific burnup，其單位通常以 "MWD/MTU" (MTU 為公噸鈾)或 "MWD/kg U" 表示，可用以了解核燃料之燃耗程度。請問：1MWD 相當於多少公克鈾-235 完全分裂所釋出之能量? ($1\text{MeV}=1.6\times 10^{-13}$ 焦耳)
 (A) 0.105 公克 (B) 0.21 公克 (C) 1.05 公克 (D) 2.1 公克 (E) 10.5 公克
35. 今有一核反應器裝載了 1500 kg 的 20% 濃縮純鈾燃料，已知該鈾燃料的密度為 19.1g/cm^3 ，請問該鈾燃料的鈾-238 原子密度為多少 atoms/cm³?
 (A) 4.84×10^{21} (B) 9.79×10^{21} (C) 3.86×10^{22} (D) 4.84×10^{22} (E) 9.79×10^{23}
36. 一沸水式反應器熱功率為 1×10^{10} BTU/hr，運轉壓力為 1044 psia，反應器飼水熱焓為 400 BTU/lb。已知壓力 1044 psia 時之飽和液態水的熱焓為 550 BTU/lb，飽和水蒸汽的熱焓為 1200 BTU/lb。假設水蒸汽流量與飼水流量相同，請問此反應器之水蒸汽流量為多少 lb/hr?
 (A) 6.60×10^7 (B) 2.55×10^7 (C) 1.60×10^7 (D) 1.25×10^7 (E) 6.60×10^6
37. 假設濃縮後之尾料的濃縮度為 0.2%，則最少須提供約多少重量的天然鈾(0.71%)供濃縮，方可得到 100 公斤濃縮度為 3.2% 之濃縮鈾?
 (A) 380 公斤 (B) 450 公斤 (C) 590 公斤 (D) 730 公斤 (E) 800 公斤
38. 請問每秒須發生多少 U-235 分裂反應，方能得到 1 MW 之功率? ($1\text{MeV}=1.6\times 10^{-13}$ 焦耳)
 (A) 3.1×10^{18} 分裂反應/秒 (B) 3.1×10^{17} 分裂反應/秒 (C) 3.1×10^{16} 分裂反應/秒
 (D) 3.1×10^{15} 分裂反應/秒 (E) 3.1×10^{14} 分裂反應/秒
39. 以 U-235 為燃料之核反應器運轉於 500MW 時因故急停，控制棒的插入加入 10 percent 之負反應度。假設反應器功率僅考慮由分裂反應所產生，請問控制棒插入後，反應器功率隨即降至約多少 MW? ($\beta=0.0065$)
 (A) 33.5 MW (B) 3.35 MW (C) 0.335 MW (D) 0.0335 MW (E) 0 MW
40. 某球形反應器以 U-235 為燃料、以水為緩和劑與反射體。假設已知該球形反應器之曲度 (Buckling) B^2 為 0.0028 cm^{-2} ，Reflector Savings 為 6.3 公分，請問此球形反應器之臨界半徑約為多少公分?
 (A) 53 公分 (B) 59 公分 (C) 65 公分 (D) 71 公分 (E) 98 公分

【複選題：20 題，每題 2 分，共 40 分；請就各題選項中選出所有符合題意者為答案，每題答案為 2 個(含)以上，全部答對者始給分，答錯者，該題不予計分，亦不扣分。】

41. 核反應(nuclear reaction)須遵守下列那些守恆定律?
 (A)核子數守恆 (B)動能守恆 (C)能量(含質能互換)守恆
 (D)動量守恆 (E)電荷守恆
42. 原子核內之質子數或中子數若為巧數(magic number)時，原子核會顯得特別穩定。下列何者是巧數?
 (A) 6 (B) 7 (C) 20 (D) 25 (E) 50
43. 放射性核種釋出 β^- 粒子後，所形成之子核種與母核種間之敘述，下列何者正確?
 (A)子核種的原子序數(Atomic number)比母核種的原子序數大 1
 (B)子核種的原子序數比母核種的原子序數小 1
 (C)子核種的質量數(Atomic mass number)比母核種的質量數大 1
 (D)子核種的質量數比母核種的質量數小 1
 (E)子核種的質量數與母核種的質量數相同

44. 在核子工程領域中，電磁輻射與物質作用最主要之機制為：
- (A)光電效應 (B)康普吞散射 (C)分裂反應 (D)成對發生 (E)可孕反應
45. 假設瞬發中子之生命為 10^{-4} 秒，於時間 $t=0$ 時，加入一反應度至以 U-235 為燃料之爐心，使 K 值由 1.000 增加為 1.002。請問在不考慮延遲中子的情況下，下列何者正確？
- (A)反應度為 0.001 (B)反應度為 0.2 percent (C)反應度為 0.154 dollars
(D)反應度為 0.308 dollars (E)週期為 0.1 秒
46. 下列有關延遲中子(delayed neutron)之敘述，何者正確？
- (A)延遲中子係由分裂產物之衰變所釋出
(B)延遲中子一般依其釋出之能量分為六群
(C)延遲中子佔分裂中子之比例與分裂核種無關
(D)延遲中子佔分裂中子之比例小於 1%
(E)若無延遲中子，無法有效控制反應器
47. 下列有關核反應器化學抑制控制(Chemical Shim Control)之敘述，何者正確？
- (A)化學抑制控制是指在水中加入可溶性中子吸收毒劑，如硼酸，藉改變其濃度以控制核反應器的臨界狀態
(B)化學抑制控制係改變熱中子利用因數來改變熱中子反應器之反應度
(C)可提供核反應器急停所需之快速反應度控制能力
(D)通常須搭配機械式控制棒之使用或作為機械式控制棒之後備
(E)容易干擾爐心之功率分布
48. 有些分裂產物核種之熱中子吸收截面非常大，稱為分裂產物毒素(fission product poison)。下列何者為分裂產物毒素？
- (A) Co-60 (B) Xe-135 (C) Cs-137 (D) I-138 (E) Sm-149
49. 有關在核燃料設計中所加入之可燃性中子毒素(burnable poison)的敘述，下列何者正確？
- (A)可燃性中子毒素是指具有高中子吸收截面，且吸收中子後轉換成低中子吸收截面核種的核種
(B)可燃性中子毒素是指具有低中子吸收截面，且吸收中子後轉換成高中子吸收截面核種的核種
(C)利用可燃性中子毒素之燒耗所增加的反應度來補償燃料燃耗所減少的反應度，以維持反應器穩定運轉
(D)在沸水式反應器中，使用可燃性毒素，可降低使用控制棒控制反應器核反應度之插入量
(E)近年來之燃料設計中，常用氫作為可燃毒素
50. Fick's Law 在下列那些狀況下不適用？
- (A)強中子吸收介質中
(B)中子散射不等向(anisotropic)
(C)距離中子源約 2 倍平均自由行程(mean free path)內
(D)距離介質表面約 3 倍平均自由行程內
(E)中子散射等向
51. 關於六因數公式(Six-Factor Formula)，下列那些因數之定義是正確的？
- (A) ϵ ：快中子分裂因數=各能階中子引起分裂產生之中子數總和/由熱中子引起分裂所產生中子數
(B) f ：熱中子利用因數=被燃料吸收之熱中子數/被所有爐心材料所吸收之熱中子數
(C) η ：中子再生因數=由熱中子引起分裂所產生之中子數/被燃料吸收之熱中子數
(D) P ：共振逃脫機率=減能成為熱中子之數目/減能時未洩漏的中子數
(E) L_f ：快中子不漏機率=被所有材料吸收之熱中子數/分裂中子減能至熱中子之數目

52. 在無窮大的快中子(單能群)反應器中，針對其中子無窮增殖因數 K_{∞} ，只需考慮下列那些因數？
- (A) ϵ ：快中子分裂因數 (B) f ：快中子利用因數 (C) η ：快中子再生因數
(D) P ：共振逃脫機率 (E) L_f ：快中子不漏機率
53. 天然鈾對熱中子之 η 值為1.34，若能採用適當的緩速劑(moderator)將分裂中子減能，將可使以天然鈾為燃料之反應器達到臨界。下列何者是目前已知可使天然鈾臨界之緩速劑：
- (A)輕水 (B)重水 (C)鈹 (D)石墨 (E)鋁
54. 一壓水式反應器之爐心熱功率為 1.02×10^{10} Btu/hr，已知最大熱通量(heat flux)為539000 Btu/hr-ft²，熱通道因數(hot channel factor)為2.80，每根燃料之熱傳面積為1.57 ft²。請問下列敘述何者正確？
- (A)總熱傳面積約為53000ft² (B)總熱傳面積約為6800ft²
(C)爐心約有 8.1×10^5 根燃料棒 (D)爐心約有 3.4×10^4 根燃料棒
(E)爐心約有 1×10^4 根燃料棒
55. 下列有關雷諾數(Reynolds number)之敘述何者正確？
- (A)雷諾數愈大，熱傳係數愈高
(B)雷諾數愈大，流體愈有可能以紊流(turbulent flow)之形式流動
(C)雷諾數愈小，流體愈有可能以平流(laminar flow)之形式流動
(D)雷諾數與流體的流速成正比
(E)雷諾數與流體的黏滯度(viscosity)成正比
56. 下列有關沸水式反應器(BWR)的敘述，那些是正確的？
- (A)為一次循環系統
(B)運轉時，壓力槽內的水會沸騰
(C)壓力槽內，水中添加B-10以維持臨界運轉
(D)具有蒸汽產生器(steam generator)之設計
(E)控制棒為爪型(cluster)由下往上插入爐心
57. 增建因數(Buildup Factor)為輻射屏蔽計算時常使用之因數，請問此因數與下列那些參數有關？
- (A)輻射之通量 (B)屏蔽材料 (C)輻射之能量 (D)時間 (E)屏蔽之厚度
58. 下列何者是屬於高線性能量移轉(Linear Energy Transfer)之輻射？
- (A)加馬射線 (B)阿伐粒子 (C)中子 (D)重離子 (E)貝他粒子
59. 下列那一種輻射生物效應屬於非機率性效應(nonstochastic effects)？
- (A)癌症 (B)不孕 (C)遺傳疾病 (D)皮膚紅斑症 (E)白內障
60. 急性的全身輻射過量暴露會影響人體全身器官與系統，而有可能產生急性輻射症候群，請問下列何者是大量急性輻射暴露之初期效應？
- (A)造血的症候群 (B)胃腸道的症候群 (C)癌症的症候群
(D)中樞神經系統的症候群 (E)骨骼(非骨髓)的症候群