中六物理練習卷：電場與電勢、電磁感應與變壓器、交流電、光電效應與原子模型、核衰變與半衰期（100 分）

年級：中六 ｜ 科目：物理 ｜ 時限：75 分鐘 ｜ 總分：100 分 ｜ 題數：24 ｜ 答案版

甲部　電場與電勢（18 分）

須列出計算步驟；答案須附單位，數值取三位有效數字。

#	題目	答案	分數
1	兩個點電荷 +4.0 × 10^-6 C 與 −3.0 × 10^-6 C 相距 0.30 m 置於空氣中。(a) 求兩電荷之間靜電力的大小及方向。(b) 求兩電荷中點處合電場的大小及方向。	（a）F = k Q1 Q2 / r^2 = 8.99 × 10^9 × 4.0 × 10^-6 × 3.0 × 10^-6 ÷ 0.30^2 = 1.2 N；兩電荷異號，屬吸引力，方向指向另一電荷。（b）中點距各電荷 0.15 m：由正電荷產生 E1 = 8.99 × 10^9 × 4.0 × 10^-6 ÷ 0.15^2 = 1.60 × 10^6 V/m（背離正電荷）；由負電荷產生 E2 = 8.99 × 10^9 × 3.0 × 10^-6 ÷ 0.15^2 = 1.20 × 10^6 V/m（指向負電荷）。兩者方向相同，故合電場 = 1.60 × 10^6 + 1.20 × 10^6 = 2.8 × 10^6 V/m，方向由正電荷指向負電荷。	5
2	兩塊平行金屬板相距 5.0 mm，接上 250 V 直流電源。(a) 求板間均勻電場的強度。(b) 求電子在板間所受的電力大小。(c) 把質子由負板移到正板，外界須作功多少？以 eV 及 J 表示。	（a）E = V / d = 250 ÷ 5.0 × 10^-3 = 5.0 × 10^4 V/m。（b）F = e E = 1.6 × 10^-19 × 5.0 × 10^4 = 8.0 × 10^-15 N。（c）W = q V = 1 e × 250 V = 250 eV，即 250 × 1.6 × 10^-19 = 4.0 × 10^-17 J。	4
3	一個 +6.0 × 10^-6 C 的點電荷孤立置於空氣中。(a) 求距它 0.20 m 及 0.50 m 兩點的電勢。(b) 把另一個 +2.0 × 10^-6 C 的電荷由 0.50 m 處移到 0.20 m 處，外界須作功多少？	（a）V = k Q / r：在 0.20 m 處 V = 8.99 × 10^9 × 6.0 × 10^-6 ÷ 0.20 = 2.70 × 10^5 V；在 0.50 m 處 V = 8.99 × 10^9 × 6.0 × 10^-6 ÷ 0.50 = 1.08 × 10^5 V。（b）ΔV = 2.70 × 10^5 − 1.08 × 10^5 = 1.62 × 10^5 V；W = q ΔV = 2.0 × 10^-6 × 1.62 × 10^5 = 0.32 J（外界作正功，電勢能增加）。	4
4	兩個正點電荷 +9.0 × 10^-6 C 與 +4.0 × 10^-6 C 相距 0.50 m 置於空氣中。(a) 在兩電荷的連線上，電場強度為零的位置距離 +9.0 × 10^-6 C 多遠？(b) 求該點的電勢。	（a）設該點距 +9.0 × 10^-6 C 為 x，則距 +4.0 × 10^-6 C 為 0.50 − x。令兩電荷在該點產生的電場大小相等：k × 9.0 × 10^-6 ÷ x^2 = k × 4.0 × 10^-6 ÷ (0.50 − x)^2，開方得 3.0 / x = 2.0 / (0.50 − x)，解得 x = 0.30 m（距 +9.0 × 10^-6 C），該點距另一電荷 0.20 m。（b）V = k (9.0 × 10^-6 ÷ 0.30 + 4.0 × 10^-6 ÷ 0.20) = 8.99 × 10^9 × 5.0 × 10^-5 = 4.5 × 10^5 V。	5

乙部　電磁感應（17 分）

須列出所用公式；感應電流方向須以楞次定律說明。

#	題目	答案	分數
5	一個面積 0.015 m2 的線圈置於均勻磁場 B = 0.40 T 中。(a) 當線圈平面垂直於磁場時，通過線圈的磁通量是多少？(b) 當線圈平面的法線與磁場方向成 60 度時，磁通量是多少？	磁通量 Φ = B A cos θ，θ 為平面法線與磁場的夾角。（a）θ = 0 度，cos 0 = 1，Φ = 0.40 × 0.015 × 1 = 6.0 × 10^-3 Wb。（b）θ = 60 度，cos 60 = 0.50，Φ = 0.40 × 0.015 × 0.50 = 3.0 × 10^-3 Wb。注意：中學常用定義以「線圈平面	4

		與磁場的夾角」表示時，公式要用 sin 而非 cos，本題已明確以法線夾角表述。	
6	一個 200 匝的線圈，總面積 2.0 × 10^-3 m2，電阻 4.0 ohm，線圈平面垂直於均勻磁場。磁場在 0.20 s 內由 0.10 T 均勻增至 0.50 T。(a) 求感應電動勢。(b) 求感應電流。(c) 求線圈消耗的電功率。(d) 求這段時間內通過線圈任一截面的電荷量。	（a）ΔΦ = 2.0 × 10^-3 × (0.50 − 0.10) = 8.0 × 10^-4 Wb；ε = N ΔΦ / Δt = 200 × 8.0 × 10^-4 ÷ 0.20 = 0.80 V。（b）I = ε / R = 0.80 ÷ 4.0 = 0.20 A。（c）P = I^2 R = 0.20^2 × 4.0 = 0.16 W（或 P = ε^2 / R = 0.16 W）。（d）Q = I Δt = N ΔΦ / R = 200 × 8.0 × 10^-4 ÷ 4.0 = 0.040 C。	5
7	一條長 0.50 m 的金屬棒在兩條平行導軌上以 4.0 m/s 勻速滑行，速度方向垂直於均勻磁場 B = 0.60 T，整個電路的電阻為 3.0 ohm。(a) 求動生電動勢。(b) 求感應電流。(c) 求維持勻速所需的外力。(d) 求外力的機械功率，並與電功率比較。	（a）ε = B L v = 0.60 × 0.50 × 4.0 = 1.2 V。（b）I = ε / R = 1.2 ÷ 3.0 = 0.40 A。（c）F = B I L = 0.60 × 0.40 × 0.50 = 0.12 N，方向與速度相同（克服磁力）。（d）P = F v = 0.12 × 4.0 = 0.48 W；電功率 = I^2 R = 0.40^2 × 3.0 = 0.48 W，兩者相等，符合能量守恆。	4
8	一個線圈的自感量為 0.20 H。通過它的電流在 0.050 s 內由 0 均勻增至 2.0 A。(a) 求線圈兩端的自感電動勢。(b) 求線圈儲存的磁能。(c) 說明為何自感電動勢的方向總是阻礙電流的變化。	（a）ε = L ΔI / Δt = 0.20 × 2.0 ÷ 0.050 = 8.0 V，方向與電流增長方向相反。（b）磁能 = 0.5 × L × I^2 = 0.5 × 0.20 × 2.0^2 = 0.40 J。（c）線圈中的電流產生磁通量，電流變化使穿過線圈本身的磁通量改變，由法拉第定律產生感應電動勢；根據楞次定律，感應電動勢驅動的電流所產生的磁場要阻礙原來的磁通量變化，因此自感電動勢永遠阻礙電流的改變。	4

丙部　變壓器與高壓輸電（17 分）

假設變壓器為理想變壓器，除非題目另有說明。

#	題目	答案	分數
9	一個理想變壓器的初級線圈有 2000 匝，次級線圈有 100 匝。初級接上 220 V 交流電源，次級接上一個抽取 5.0 A 的負載。(a) 求次級電壓。(b) 求次級輸出功率。(c) 求初級電流。(d) 此變壓器是升壓還是降壓？	（a）Vs / Vp = Ns / Np，Vs = 220 × 100 ÷ 2000 = 11 V。（b）Ps = Vs Is = 11 × 5.0 = 55 W。（c）理想變壓器輸入功率等於輸出功率：Ip = Ps ÷ Vp = 55 ÷ 220 = 0.25 A（亦可用 Ip / Is = Ns / Np 得 0.25 A）。（d）次級電壓低於初級電壓，屬降壓變壓器。	5
10	某變壓器的效率為 90%，初級輸入功率 500 W，初級電壓 250 V，次級電壓 25 V。(a) 求次級輸出功率。(b) 求次級電流。(c) 求初級電流。	（a）效率 = 輸出功率 ÷ 輸入功率，輸出功率 = 0.90 × 500 = 450 W。（b）Ps = Vs Is，Is = 450 ÷ 25 = 18 A。（c）輸入功率 = Vp Ip，Ip = 500 ÷ 250 = 2.0 A。（注意初級電流要用輸入功率計，不能用輸出功率，否則忽略損耗。）	4
11	發電站以 400 V 輸出 50 kW 的電力，輸電電纜的總電阻為 0.50 ohm。(a) 求輸電電流。(b) 求電纜上的功率損耗。(c) 求損耗佔輸出功率的百分比。	（a）P = V I，I = 50 000 ÷ 400 = 125 A。（b）P_loss = I^2 R = 125^2 × 0.50 = 7 812.5 W，約 7.8 × 10^3 W。（c）百分比 = 7 812.5 ÷ 50 000 × 100% = 15.6%，即約一成半電力白白損耗。（電纜上的電壓降 = I R = 125 × 0.50 = 62.5 V。）	4
12	同一發電站改用 20 kV 高壓輸電，輸出功率及電纜電阻不變。(a) 求新的輸電電流。(b) 求新的功率損耗。(c) 求高壓輸電與低壓輸電	（a）I = 50 000 ÷ 20 000 = 2.5 A。（b）P_loss = I^2 R = 2.5^2 × 0.50 = 3.125 W，約 3.1 W。（c）比值 = 7 812.5 ÷ 3.125 = 2 500。因輸出功率固定，電流與電壓	4

	時功率損耗的比值，並解釋為何高壓輸電較有效率。	成反比；損耗 = I^2 R，電流降為 1/50 時損耗降為 1/2500，故高壓輸電可大幅減少損耗。	

丁部　交流電（16 分）

所有有效值及功率均指整個週期的平均值。

#	題目	答案	分數
13	一個交流電源的電壓隨時間變化為 V = 340 sin(100 π t)，單位為伏特及秒。(a) 求電壓峰值。(b) 求有效值。(c) 求頻率。(d) 求週期。	（a）峰值 V0 = 340 V。（b）有效值 V_rms = V0 ÷ 1.414 = 340 ÷ 1.414 = 240 V（準確值 340 ÷ 開方 2）。（c）角頻率 ω = 100π = 2π f，故 f = 50 Hz。（d）週期 T = 1 / f = 1 / 50 = 0.020 s。	4
14	一個 100 ohm 的電阻接在有效值 220 V 的交流電源上。(a) 求有效電流。(b) 求電阻的平均功率。(c) 求峰值電流。(d) 求峰值功率。	（a）I_rms = V_rms ÷ R = 220 ÷ 100 = 2.2 A。（b）P = V_rms I_rms = 220 × 2.2 = 484 W（亦可用 V_rms^2 / R）。（c）I0 = 1.414 × 2.2 = 3.1 A。（d）峰值功率 P0 = I0^2 R = 3.1^2 × 100 = 968 W，是平均功率的兩倍。	4
15	一個 20 × 10^-6 F 的電容器接在頻率 50 Hz、有效值 220 V 的交流電源上，電路電阻可忽略。(a) 求電容器的容抗。(b) 求電路中的有效電流。(c) 說明為何頻率越高，容抗越小。	（a）Xc = 1 ÷ (2 π f C) = 1 ÷ (2 × 3.14 × 50 × 20 × 10^-6) = 159 ohm。（b）I_rms = V_rms ÷ Xc = 220 ÷ 159 = 1.38 A。（c）容抗與 1/(f C) 成正比：頻率越高，電容器每單位時間充放電次數越多，相同的電壓變化下可通過更多電荷，等效阻抗越小。	4
16	一個電熱水器標示 2000 W、220 V（有效值）。(a) 求其發熱元件的電阻。(b) 求通過元件的峰值電流。(c) 連續使用 3 小時，消耗多少度電（kW h）？(d) 若供電頻率加倍而電壓不變，平均功率會否改變？解釋。	（a）P = V^2 / R，R = 220^2 ÷ 2000 = 48 400 ÷ 2000 = 24.2 ohm。（b）I0 = 1.414 × (2000 ÷ 220) = 1.414 × 9.09 = 12.9 A。（c）能量 = 2.0 kW × 3 h = 6.0 kW h（即 6 度電）。（d）不會改變。純電阻的阻抗與頻率無關，平均功率 = V_rms^2 / R，只取決於有效值電壓與電阻，與頻率無關。	4

戊部　光電效應與原子模型（16 分）

取 hc = 1240 eV nm，c = 3.0 × 10^8 m/s，1 eV = 1.6 × 10^-19 J。

#	題目	答案	分數
17	以波長 400 nm 的光照射功函數為 2.3 eV 的金屬表面。(a) 求每個光子的能量（以 eV 表示）。(b) 求光電子的最大動能。(c) 求截止電壓（即遏止電勢）。	（a）E = hc / 波長 = 1240 ÷ 400 = 3.1 eV。（b）愛因斯坦光電方程：最大動能 = E − 功函數 = 3.1 − 2.3 = 0.80 eV。（c）截止電壓 Vs 滿足 e Vs = 最大動能，故 Vs = 0.80 V。（波長 400 nm 的光子能量大於功函數，故有光電子發出。）	4
18	某金屬的功函數為 2.3 eV。(a) 求能產生光電效應的最大波長（截止波長），以 nm 表示。(b) 求相應的截止頻率。(c) 若入射光波長大於截止波長，會發生甚麼？	（a）臨界條件 hc / 波長 = 功函數，波長 = 1240 ÷ 2.3 = 539 nm（約 5.4 × 10^-7 m）。（b）f = c / 波長 = 3.0 × 10^8 ÷ 5.39 × 10^-7 = 5.6 × 10^14 Hz。（c）光子能量低於功函數，不論光強多大或照射多久都不會有光電子逸出，因為單個光子的能量不足以克服功函數。	4
19	以波長 500 nm 的光照射功函數為 1.9 eV 的金屬。(a) 求光子能量（eV）。(b) 求光電子	（a）E = 1240 ÷ 500 = 2.48 eV。（b）最大動能 = 2.48 − 1.90 = 0.58 eV。（c）700 nm 的光子能量 = 1240 ÷ 700 =	4

	的最大動能（eV）。(c) 若改用波長 700 nm 的光，能否產生光電子？以計算說明。	1.77 eV，小於功函數 1.9 eV，故不能產生光電子。	
20	氫原子的能階為 E1 = –13.6 eV、E2 = –3.40 eV、E3 = –1.51 eV。(a) 求電子由 n = 3 躍遷到 n = 2 時發出光子的能量及波長（nm）。(b) 求由 n = 2 躍遷到 n = 1 所發光子的波長（nm）。(c) 這兩條譜線分別屬於哪個線系？	（a）光子能量 = E3 – E2 = –1.51 – (–3.40) = 1.89 eV；波長 = 1240 ÷ 1.89 = 656 nm（紅光，巴耳末系 H-alpha 線）。（b）光子能量 = E2 – E1 = –3.40 – (–13.6) = 10.2 eV；波長 = 1240 ÷ 10.2 = 122 nm（紫外光，賴曼系）。（c）n = 3 到 n = 2 屬巴耳末系（終態 n = 2）；n = 2 到 n = 1 屬賴曼系（終態 n = 1）。	4

己部　核衰變與半衰期（16 分）

取 1 u = 931.5 MeV/c^2，1 日 = 86 400 s，ln 2 = 0.693。

#	題目	答案	分數
21	某放射性核素的半衰期為 6.0 小時。一個樣本現時的活度為 8 000 Bq。(a) 18 小時後樣本的活度是多少？(b) 此時仍有百分之幾的原子核未衰變？(c) 若再過 6.0 小時，活度會變成多少？	（a）18 小時 = 18 ÷ 6.0 = 3 個半衰期，活度 = 8 000 ÷ 2^3 = 8 000 ÷ 8 = 1 000 Bq。（b）未衰變比例 = 1/2^3 = 1/8 = 12.5%。（c）再過一個半衰期，活度減半：1 000 ÷ 2 = 500 Bq。	4
22	碳-14 的半衰期為 5 730 年。一件考古樣本原本含 8.0 g 碳-14。(a) 11 460 年後樣本還含多少克碳-14？(b) 已衰變的百分比是多少？(c) 為何碳-14 定年法不適用於數百萬年前的化石？	（a）11 460 年 = 11 460 ÷ 5 730 = 2 個半衰期，剩餘質量 = 8.0 ÷ 2^2 = 8.0 ÷ 4 = 2.0 g。（b）已衰變比例 = 1 – 1/4 = 3/4 = 75%。（c）經過太多個半衰期後剩餘量極少（少於十個半衰期即少於原本的千分之一），活度太低，超出儀器可準確測量的範圍，背景輻射亦造成很大誤差。	4
23	某樣本含 2.0 × 10^20 個放射性原子核，該核素的半衰期為 5.0 日。(a) 求衰變常數（單位 s^-1）。(b) 求樣本現時的活度。(c) 若樣本原子核數目加倍而半衰期不變，活度會怎樣改變？	（a）衰變常數 λ = ln 2 ÷ T = 0.693 ÷ (5.0 × 86 400) = 0.693 ÷ 432 000 = 1.6 × 10^-6 s^-1。（b）活度 A = λ N = 1.6 × 10^-6 × 2.0 × 10^20 = 3.2 × 10^14 Bq。（c）A = λ N，λ 不變而 N 加倍，故活度亦加倍，即 6.4 × 10^14 Bq。	4
24	鈾-238 經α衰變後變成釷-234，釷-234 再經β衰變。(a) 寫出這兩個核反應方程。(b) 某核反應的質量虧損為 0.0030 u，求釋放的能量（MeV 及 J）。(c) 說明為何β衰變的電子能譜是連續的。	（a）α衰變：U-238（92 個質子，238 個核子）→ Th-234（90 個質子，234 個核子）+ α粒子（2 個質子，4 個核子），即 238/92 U → 234/90 Th + 4/2 He。β衰變：234/90 Th → 234/91 Pa + 電子（0/-1 e）+ 反微中子，質量數不變、原子序加一。（b）E = 0.0030 × 931.5 = 2.79 MeV = 2.79 × 10^6 × 1.6 × 10^-19 = 4.5 × 10^-13 J。（c）β衰變的能量由電子與反微中子分享，反微中子的能量可為任意值，故電子能量呈連續分佈，而非如α衰變般有固定峰值。	4