中六物理练习卷：电场与电势、电磁感应与变压器、交流电、光电效应与原子模型、核衰变与半衰期（100 分）

年级：中六 ｜ 科目：物理 ｜ 时限：75 分钟 ｜ 总分：100 分 ｜ 题数：24 ｜ 答案版

甲部　电场与电势（18 分）

须列出计算步骤；答案须附单位，数值取三位有效数字。

#	题目	答案	分数
1	两个点电荷 +4.0 × 10^-6 C 与 −3.0 × 10^-6 C 相距 0.30 m 置于空气中。(a) 求两电荷之间静电力的大小及方向。(b) 求两电荷中点处合电场的大小及方向。	（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；两电荷异号，属吸引力，方向指向另一电荷。（b）中点距各电荷 0.15 m：由正电荷产生 E1 = 8.99 × 10^9 × 4.0 × 10^-6 ÷ 0.15^2 = 1.60 × 10^6 V/m（背离正电荷）；由负电荷产生 E2 = 8.99 × 10^9 × 3.0 × 10^-6 ÷ 0.15^2 = 1.20 × 10^6 V/m（指向负电荷）。两者方向相同，故合电场 = 1.60 × 10^6 + 1.20 × 10^6 = 2.8 × 10^6 V/m，方向由正电荷指向负电荷。	5
2	两块平行金属板相距 5.0 mm，接上 250 V 直流电源。(a) 求板间均匀电场的强度。(b) 求电子在板间所受的电力大小。(c) 把质子由负板移到正板，外界须作功多少？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	一个 +6.0 × 10^-6 C 的点电荷孤立置于空气中。(a) 求距它 0.20 m 及 0.50 m 两点的电势。(b) 把另一个 +2.0 × 10^-6 C 的电荷由 0.50 m 处移到 0.20 m 处，外界须作功多少？	（a）V = k Q / r：在 0.20 m 处 V = 8.99 × 10^9 × 6.0 × 10^-6 ÷ 0.20 = 2.70 × 10^5 V；在 0.50 m 处 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，电势能增加）。	4
4	两个正点电荷 +9.0 × 10^-6 C 与 +4.0 × 10^-6 C 相距 0.50 m 置于空气中。(a) 在两电荷的连线上，电场强度为零的位置距离 +9.0 × 10^-6 C 多远？(b) 求该点的电势。	（a）设该点距 +9.0 × 10^-6 C 为 x，则距 +4.0 × 10^-6 C 为 0.50 − x。令两电荷在该点产生的电场大小相等：k × 9.0 × 10^-6 ÷ x^2 = k × 4.0 × 10^-6 ÷ (0.50 − x)^2，开方得 3.0 / x = 2.0 / (0.50 − x)，解得 x = 0.30 m（距 +9.0 × 10^-6 C），该点距另一电荷 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　电磁感应（17 分）

须列出所用公式；感应电流方向须以楞次定律说明。

#	题目	答案	分数
5	一个面积 0.015 m2 的线圈置于均匀磁场 B = 0.40 T 中。(a) 当线圈平面垂直于磁场时，通过线圈的磁通量是多少？(b) 当线圈平面的法线与磁场方向成 60 度时，磁通量是多少？	磁通量 Φ = B A cos θ，θ 为平面法线与磁场的夹角。（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：中学常用定义以“线圈平面与	4

		磁场的夹角”表示时，公式要用 sin 而非 cos，本题已明确以法线夹角表述。	
6	一个 200 匝的线圈，总面积 2.0 × 10^-3 m2，电阻 4.0 ohm，线圈平面垂直于均匀磁场。磁场在 0.20 s 内由 0.10 T 均匀增至 0.50 T。(a) 求感应电动势。(b) 求感应电流。(c) 求线圈消耗的电功率。(d) 求这段时间内通过线圈任一截面的电荷量。	（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	一条长 0.50 m 的金属棒在两条平行导轨上以 4.0 m/s 匀速滑行，速度方向垂直于均匀磁场 B = 0.60 T，整个电路的电阻为 3.0 ohm。(a) 求动生电动势。(b) 求感应电流。(c) 求维持匀速所需的外力。(d) 求外力的机械功率，并与电功率比较。	（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，方向与速度相同（克服磁力）。（d）P = F v = 0.12 × 4.0 = 0.48 W；电功率 = I^2 R = 0.40^2 × 3.0 = 0.48 W，两者相等，符合能量守恒。	4
8	一个线圈的自感量为 0.20 H。通过它的电流在 0.050 s 内由 0 均匀增至 2.0 A。(a) 求线圈两端的自感电动势。(b) 求线圈储存的磁能。(c) 说明为何自感电动势的方向总是阻碍电流的变化。	（a）ε = L ΔI / Δt = 0.20 × 2.0 ÷ 0.050 = 8.0 V，方向与电流增长方向相反。（b）磁能 = 0.5 × L × I^2 = 0.5 × 0.20 × 2.0^2 = 0.40 J。（c）线圈中的电流产生磁通量，电流变化使穿过线圈本身的磁通量改变，由法拉第定律产生感应电动势；根据楞次定律，感应电动势驱动的电流所产生的磁场要阻碍原来的磁通量变化，因此自感电动势永远阻碍电流的改变。	4

丙部　变压器与高压输电（17 分）

假设变压器为理想变压器，除非题目另有说明。

#	题目	答案	分数
9	一个理想变压器的初级线圈有 2000 匝，次级线圈有 100 匝。初级接上 220 V 交流电源，次级接上一个抽取 5.0 A 的负载。(a) 求次级电压。(b) 求次级输出功率。(c) 求初级电流。(d) 此变压器是升压还是降压？	（a）Vs / Vp = Ns / Np，Vs = 220 × 100 ÷ 2000 = 11 V。（b）Ps = Vs Is = 11 × 5.0 = 55 W。（c）理想变压器输入功率等于输出功率：Ip = Ps ÷ Vp = 55 ÷ 220 = 0.25 A（亦可用 Ip / Is = Ns / Np 得 0.25 A）。（d）次级电压低于初级电压，属降压变压器。	5
10	某变压器的效率为 90%，初级输入功率 500 W，初级电压 250 V，次级电压 25 V。(a) 求次级输出功率。(b) 求次级电流。(c) 求初级电流。	（a）效率 = 输出功率 ÷ 输入功率，输出功率 = 0.90 × 500 = 450 W。（b）Ps = Vs Is，Is = 450 ÷ 25 = 18 A。（c）输入功率 = Vp Ip，Ip = 500 ÷ 250 = 2.0 A。（注意初级电流要用输入功率计，不能用输出功率，否则忽略损耗。）	4
11	发电站以 400 V 输出 50 kW 的电力，输电电缆的总电阻为 0.50 ohm。(a) 求输电电流。(b) 求电缆上的功率损耗。(c) 求损耗占输出功率的百分比。	（a）P = V I，I = 50 000 ÷ 400 = 125 A。（b）P_loss = I^2 R = 125^2 × 0.50 = 7 812.5 W，约 7.8 × 10^3 W。（c）百分比 = 7 812.5 ÷ 50 000 × 100% = 15.6%，即约一成半电力白白损耗。（电缆上的电压降 = I R = 125 × 0.50 = 62.5 V。）	4
12	同一发电站改用 20 kV 高压输电，输出功率及电缆电阻不变。(a) 求新的输电电流。(b) 求新的功率损耗。(c) 求高压输电与低压输电	（a）I = 50 000 ÷ 20 000 = 2.5 A。（b）P_loss = I^2 R = 2.5^2 × 0.50 = 3.125 W，约 3.1 W。（c）比值 = 7 812.5 ÷ 3.125 = 2 500。因输出功率固定，电流与电压	4

	时功率损耗的比值，并解释为何高压输电较有效率。	成反比；损耗 = I^2 R，电流降为 1/50 时损耗降为 1/2500，故高压输电可大幅减少损耗。	

丁部　交流电（16 分）

所有有效值及功率均指整个周期的平均值。

#	题目	答案	分数
13	一个交流电源的电压随时间变化为 V = 340 sin(100 π t)，单位为伏特及秒。(a) 求电压峰值。(b) 求有效值。(c) 求频率。(d) 求周期。	（a）峰值 V0 = 340 V。（b）有效值 V_rms = V0 ÷ 1.414 = 340 ÷ 1.414 = 240 V（准确值 340 ÷ 开方 2）。（c）角频率 ω = 100π = 2π f，故 f = 50 Hz。（d）周期 T = 1 / f = 1 / 50 = 0.020 s。	4
14	一个 100 ohm 的电阻接在有效值 220 V 的交流电源上。(a) 求有效电流。(b) 求电阻的平均功率。(c) 求峰值电流。(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，是平均功率的两倍。	4
15	一个 20 × 10^-6 F 的电容器接在频率 50 Hz、有效值 220 V 的交流电源上，电路电阻可忽略。(a) 求电容器的容抗。(b) 求电路中的有效电流。(c) 说明为何频率越高，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）容抗与 1/(f C) 成正比：频率越高，电容器每单位时间充放电次数越多，相同的电压变化下可通过更多电荷，等效阻抗越小。	4
16	一个电热水器标示 2000 W、220 V（有效值）。(a) 求其发热元件的电阻。(b) 求通过元件的峰值电流。(c) 连续使用 3 小时，消耗多少度电（kW h）？(d) 若供电频率加倍而电压不变，平均功率会否改变？解释。	（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 度电）。（d）不会改变。纯电阻的阻抗与频率无关，平均功率 = V_rms^2 / R，只取决于有效值电压与电阻，与频率无关。	4

戊部　光电效应与原子模型（16 分）

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

#	题目	答案	分数
17	以波长 400 nm 的光照射功函数为 2.3 eV 的金属表面。(a) 求每个光子的能量（以 eV 表示）。(b) 求光电子的最大动能。(c) 求截止电压（即遏止电势）。	（a）E = hc / 波长 = 1240 ÷ 400 = 3.1 eV。（b）爱因斯坦光电方程：最大动能 = E − 功函数 = 3.1 − 2.3 = 0.80 eV。（c）截止电压 Vs 满足 e Vs = 最大动能，故 Vs = 0.80 V。（波长 400 nm 的光子能量大于功函数，故有光电子发出。）	4
18	某金属的功函数为 2.3 eV。(a) 求能产生光电效应的最大波长（截止波长），以 nm 表示。(b) 求相应的截止频率。(c) 若入射光波长大于截止波长，会发生什么？	（a）临界条件 hc / 波长 = 功函数，波长 = 1240 ÷ 2.3 = 539 nm（约 5.4 × 10^-7 m）。（b）f = c / 波长 = 3.0 × 10^8 ÷ 5.39 × 10^-7 = 5.6 × 10^14 Hz。（c）光子能量低于功函数，不论光强多大或照射多久都不会有光电子逸出，因为单个光子的能量不足以克服功函数。	4
19	以波长 500 nm 的光照射功函数为 1.9 eV 的金属。(a) 求光子能量（eV）。(b) 求光电子	（a）E = 1240 ÷ 500 = 2.48 eV。（b）最大动能 = 2.48 − 1.90 = 0.58 eV。（c）700 nm 的光子能量 = 1240 ÷ 700 =	4

	的最大动能（eV）。(c) 若改用波长 700 nm 的光，能否产生光电子？以计算说明。	1.77 eV，小于功函数 1.9 eV，故不能产生光电子。	
20	氢原子的能阶为 E1 = −13.6 eV、E2 = −3.40 eV、E3 = −1.51 eV。(a) 求电子由 n = 3 跃迁到 n = 2 时发出光子的能量及波长（nm）。(b) 求由 n = 2 跃迁到 n = 1 所发光子的波长（nm）。(c) 这两条谱线分别属于哪个线系？	（a）光子能量 = E3 − E2 = −1.51 − (−3.40) = 1.89 eV；波长 = 1240 ÷ 1.89 = 656 nm（红光，巴耳末系 H-alpha 线）。（b）光子能量 = E2 − E1 = −3.40 − (−13.6) = 10.2 eV；波长 = 1240 ÷ 10.2 = 122 nm（紫外光，赖曼系）。（c）n = 3 到 n = 2 属巴耳末系（终态 n = 2）；n = 2 到 n = 1 属赖曼系（终态 n = 1）。	4

己部　核衰变与半衰期（16 分）

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

#	题目	答案	分数
21	某放射性核素的半衰期为 6.0 小时。一个样本现时的活度为 8 000 Bq。(a) 18 小时后样本的活度是多少？(b) 此时仍有百分之几的原子核未衰变？(c) 若再过 6.0 小时，活度会变成多少？	（a）18 小时 = 18 ÷ 6.0 = 3 个半衰期，活度 = 8 000 ÷ 2^3 = 8 000 ÷ 8 = 1 000 Bq。（b）未衰变比例 = 1/2^3 = 1/8 = 12.5%。（c）再过一个半衰期，活度减半：1 000 ÷ 2 = 500 Bq。	4
22	碳-14 的半衰期为 5 730 年。一件考古样本原本含 8.0 g 碳-14。(a) 11 460 年后样本还含多少克碳-14？(b) 已衰变的百分比是多少？(c) 为何碳-14 定年法不适用于数百万年前的化石？	（a）11 460 年 = 11 460 ÷ 5 730 = 2 个半衰期，剩余质量 = 8.0 ÷ 2^2 = 8.0 ÷ 4 = 2.0 g。（b）已衰变比例 = 1 − 1/4 = 3/4 = 75%。（c）经过太多个半衰期后剩余量极少（少于十个半衰期即少于原本的千分之一），活度太低，超出仪器可准确测量的范围，背景辐射亦造成很大误差。	4
23	某样本含 2.0 × 10^20 个放射性原子核，该核素的半衰期为 5.0 日。(a) 求衰变常数（单位 s^-1）。(b) 求样本现时的活度。(c) 若样本原子核数目加倍而半衰期不变，活度会怎样改变？	（a）衰变常数 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 不变而 N 加倍，故活度亦加倍，即 6.4 × 10^14 Bq。	4
24	铀-238 经α衰变后变成钍-234，钍-234 再经β衰变。(a) 写出这两个核反应方程。(b) 某核反应的质量亏损为 0.0030 u，求释放的能量（MeV 及 J）。(c) 说明为何β衰变的电子能谱是连续的。	（a）α衰变：U-238（92 个质子，238 个核子）→ Th-234（90 个质子，234 个核子）+ α粒子（2 个质子，4 个核子），即 238/92 U → 234/90 Th + 4/2 He。β衰变：234/90 Th → 234/91 Pa + 电子（0/-1 e）+ 反微中子，质量数不变、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衰变的能量由电子与反微中子分享，反微中子的能量可为任意值，故电子能量呈连续分布，而非如α衰变般有固定峰值。	4