CP2 2024 June 手写答案评分报告

按已作题目逐题核对: Section A 1-7; Section B 8, 10, 11

一、评分结论

本报告基于学生扫描手写答案和题面分值进行半分制评阅。由于未提供官方 mark scheme，下列分数是按题目要求、关键物理步骤、最终量纲与数值结果综合给出的近似评分。

部分	题号	得分	得分率
Section A	1-7	32.0 / 40	80.0%
Section B	8, 10, 11	44.5 / 63	70.6%
总分	**已作全部题目**	**76.5 / 103**	**74.3%**

若课程最终强制折算到 100 分制，当前 raw percentage 约等于 74/100。最主要失分集中在 Q8 第三问的串并联谐振代数、Q10 导体平面镜像法、以及 Q3/Q5/Q11 中的 2π、量纲和符号检查。

二、逐题给分总表

题号	满分	给分	主题	简评
A1	4	4.0	四面体电阻网络	正确。对称等势与并联化简成立。
A2	4	4.0	带电导体球壳能量	正确。$U = Q^2/(8\pi\varepsilon_0 a)$。
A3	6	3.5	LC 共振与位移灵敏度	C 正确；f 漏掉 2π；ppm 结果随之错。
A4	6	4.5	Rayleigh 判据与角分辨率	公式正确；人眼结果未按题意转成 degrees。
A5	6	3.5	方形载流线圈中心 B	方法对；最终多出一因子 a，量纲错误。
A6	9	7.5	速度选择器与磁场圆周运动	速度和速度方程正确；缺完整轨迹参数式/圆心。
A7	5	5.0	同轴螺线管自感互感	最终三项正确。
B8	23	15.5	复阻抗与谐振电路	前两问较好；Cs≠0 部分 b 应为 L(Cs+Ct)，不是差。
B10	20	12.0	电偶极子与导体平面	远场势和 E 较好；导体平面部分基本失分。
B11	20	17.0	Maxwell 方程与电磁波	波动方程好；B 场方向整体反号。

三、逐题细评

A1 四面体电阻网络 - 4.0/4

- 应得结论: 任意两顶点间等效电阻 $R_{eq} = 1/2\ \Omega$。
- 你的解法抓住了 B、C 两个中间点等势，BC 支路无电流，因此剩下 1 Ω 与两个 2 Ω 支路并联。
- 改进点: 把“V_B = V_C, so I_BC = 0”写完整，会比只画等效电路更稳。

A2 带电导体球壳能量 - 4.0/4

- 应得结论: $U = Q^2/(8\pi\ \varepsilon_0\ a)$。
- 你用 $C = 4\pi\ \varepsilon_0\ a$ 与 $U = Q^2/(2C)$ 得到正确结果。
- 改进点: 用 U 表示能量，避免把 E 与 electric field 混用。

A3 LC 共振与位移灵敏度 - 3.5/6

- 正确参考: C = ε0 A/d = 1.77 pF；f = 1/(2π√(LC)) = 3.78 MHz。
- 主要错误: 你把 f 写成 1/√(LC)，这是角频率 ω 的数量级，少除 2π。因此得到 23.8 MHz。
- 灵敏度关系本身正确: Δf/f = (1/2) Δd/d，所以 Δd/d = 2Δf/f。用正确 f 得 Δd/d = 5.29e-7 = 0.529 ppm；你写的 0.084 ppm 是前面 2π 错误的连带结果。
- 训练重点: 每次看到 LC 都先区分 ω0 = 1/√(LC) 与 f0 = ω0/(2π)。

A4 Rayleigh 判据 - 4.5/6

- Rayleigh 判据: 圆孔衍射下 θ_min ≈ 1.22 λ/D。你给出公式，定义基本够用。
- 人眼: λ≈500 nm, D=5 mm，θ = 1.22e-4 rad = 0.00699 degrees。你停在 rad，题目要求 degrees，因此扣分。
- 射电望远镜: λ = c/f = 0.03 m，θ = 3.66e-3 rad = 0.21 degrees。你的数值正确。

A5 方形载流线圈中心磁场 - 3.5/6

- 正确参考: 一条长度 2a 的边在中心产生 B_side = μ0 I/(2π a√2)，四边同向叠加 B = √2 μ0 I/(π a)，方向垂直线圈平面。
- 你的 Biot-Savart 设置和利用四边对称的思路是对的。
- 最终式写成了含 a^2 的分母，量纲变成 T/m，明显不对；磁场必须随 1/a 标度。
- 训练重点: 每个最终答案做一次 dimensional check。本题只凭量纲就能抓住错误。

A6 带电粒子运动 - 7.5/9

- 第一问完全正确: 令 q(E + v×B)=0，得 v = E_x/B_y。
- 关掉电场后，你写出了正确的速度分量 v_x = -v0 sin(ωt), v_z = v0 cos(ωt)，其中 ω = qB_y/m。
- 缺失处: 题目要求 trajectory，应积分得到 x(t)=R[cos(ωt)-1], z(t)=R sin(ωt), y=0，R=mv0/(qB_y)，即在 xz 平面作圆周运动，圆心 (-R,0,0)。只写 radius 和 circle 不够完整。

A7 同轴螺线管自感互感 - 5.0/5

- 正确参考: L1 = μ0 n^2 πa^2 l，L2 = 9 μ0 n^2 πa^2 l，M = μ0 n^2 πa^2 l。
- 你的三个最终结果正确。
- 改进点: 更清楚地写 flux linkage: L = NΦ/I，而不是只写 Φ/I；这样不会在多匝线圈题里丢逻辑分。

B8 复阻抗与串并联谐振 - 15.5/23

- 复阻抗基础: Z_R=R, Z_C=1/(jωC), Z_L=jωL，基本正确，解释也够拿大部分分。
- Cs=0: 并联 LC 的等效阻抗在 ω=1/√(LCt) 发散，源电流 I0=0，电容与电感支路电流等大反相。你的处理总体正确。
- Cs≠0: 关键错误在代数符号。正确推导给出 |I2| = V0 Cs ω / |1 - L(Cs+Ct)$ω^2$|，因此 a = V0 Cs, b = L(Cs+Ct)。你写成了 L(Ct-Cs)，导致后面全部数值错误。
- 正确发散条件: ω = 1/√[L(Cs+Ct)]。代入 L=1 μH, Ct=80 nF, Cs=20 nF 得 ω=3.16e6 rad s^-1，普通频率 f=503 kHz。你写 4.08 MHz，既用了错误电容组合，也混淆了 angular frequency 与 cyclic frequency。

B10 电偶极子与导体平面 - 12.0/20

- 远场势: 你基本正确得到 V = (p·r)/(4π ε0 r^3)，所以 α = 1/(4π ε0)。推导中角度符号较乱，但结论可用。
- 电场: 分量 E_r = 2p cosθ/(4π ε0 r^3), E_θ = p sinθ/(4π ε0 r^3), E_φ=0 正确。但大小应为 |E| = p/(4π ε0 r^3)√(1+3$\cos^2\theta$)，你写成 √(1+$\cos^2\theta$)，漏掉了 $(2\cos\theta)^2$ 中的 4。

- 远处导体平面: 应用 image method。镜像偶极子位于 x=2b，方向为 -p。远场力来自非均匀场的梯度: F = (p·∇)E_img = $3p^2/(64\pi\ \varepsilon 0\ b^4)$ x_hat，torque τ = p×E_img = 0。你的答案把力/力矩关系混在一起，且得到非零 torque，核心方向错误。
- b=a: 不能再用远偶极近似，必须对两个真实电荷与两个镜像电荷逐项用 Coulomb force。定性上 torque 仍为 0；力的大小和 b^-4 远场式不同。你意识到“不能再用偶极近似”的方向有一点分，但最后表达式不正确。

B11 Maxwell 方程与电磁波 - 17.0/20

- Maxwell 四方程基本全对。建议同时明确定义 ρ 和 J，以及 E、B 的单位。
- Ampere law: 你能从 ∇×B=μ0J 积分到 $\oint B\cdot dl=\mu 0I$，并说明 displacement current 是变化电场产生磁场的补项；更完整的论证应引用 continuity equation。
- 真空波动方程推导很稳: $\nabla^2 E = \mu 0\varepsilon 0\ \partial^2 E/\partial t^2$ 与 $\nabla^2 B = \mu 0\varepsilon 0\ \partial^2 B/\partial t^2$，波速 $c = 1/\sqrt{(\mu 0\varepsilon 0)}$。
- 平面波 B 场: 对 E=(3E0,4E0,0)cos(kz-ωt)，传播方向 +z，正确关系是 B = (1/c) z_hat × E = (-4E0/c, 3E0/c, 0)cos(kz-ωt)。你给出的 B=(4E0/c,-3E0/c,0)cos(...) 整体反号。
- 比值 μ0|E|/|B| = μ0 c = $\sqrt{(\mu 0/\varepsilon 0)} \approx 376.7\ \Omega$ 正确。

四、优先改进清单

- 1. 高频扣分点: angular frequency ω 与 ordinary frequency f 的 2π 区分。Q3 和 Q8 都因此损失明显。
- 2. 每道题最后做量纲检查。Q5 的 a^2 分母、Q8 的 MHz/rad s^-1 混写，都能被量纲检查直接抓出。
- 3. 矢量题写明坐标轴和方向。Q10、Q11 的主要失分不是不会算，而是 image dipole、B 场方向、torque 方向没有被严格跟踪。
- 4. 对“trajectory / hence describe motion”类题，不能只写速度或半径；要给出 r(t) 或几何轨迹方程、圆心、半径和角频率。
- 5. Section B 长题要把最后三行写干净: final expression, constants, numerical value with units。Q8 的最后问若格式清晰，会少丢 follow-through 分。

五、简短总评

整体水平属于“概念主线较强、计算执行有明显漏洞”的卷面。Section A 基本掌握，但会在 2π、单位转换、量纲上掉轻中度分；Section B 中 Q11 表现最好，Q8/Q10 的后半段是主要短板。若复盘优先级有限，建议先重做 Q8 第三问和 Q10 导体平面；这两题的失分密度最高，也最能提升后续电磁学长题稳定性。

评分说明: 本报告不代表官方 examiner mark scheme；分数按题面分值与可辨认手写步骤作合理估计。