

電子工学 – 後期期末達成度試験：完全対策資料

概要

提示された手書き講義資料（PDF）および試験範囲のテキスト情報に基づく、**試験直前の完全対策ノート**。物理的意味と導出プロセスに重点を置き、計算・記述とともに試験で得点しやすい形に整理してある。

0.1 基本戦略

1. **計算問題:** 公式を暗記するだけでなく、必ず運動方程式（例: $F = ma$ ）から導出できるようにする。
2. **記述問題:** 因果関係（「なぜそうなるか」）を短く明確に説明できるようにする。
3. **式の導出:** タウンゼント理論などは等比級数の和へ落とし込むことが鍵。過程を書けることを重視。

0.2 1. 静磁界中の電子の運動（計算・導出）

0.2.1 出題ポイント

運動方程式から加速度・速度・位置・軌跡（円運動・螺旋運動）を導く。

0.2.2 基礎知識

- 磁束密度: \vec{B} [T]
- 電子の電荷: $-e$ [C]
- 電子の速度: \vec{v} [m/s]
- ローレンツ力: $\vec{F} = -e(\vec{v} \times \vec{B})$ (大きさ $F = evB \sin \theta$)

0.2.3 垂直入射時（円運動）

ローレンツ力を向心力とみなして

$$m \frac{v^2}{r} = evB \quad (1)$$

より軌道半径と角周波数は

$$r = \frac{mv}{eB}, \quad T = \frac{2\pi m}{eB}, \quad f = \frac{1}{2\pi} \frac{eB}{m}. \quad (2)$$

特に周期・周波数は速度に依存しない（サイクロトロンの原理）。

0.2.4 斜め入射時（螺旋運動）

速度の分解: $v_{\perp} = v \sin \theta$, $v_{\parallel} = v \cos \theta$. v_{\perp} 成分は円運動（半径 $r = \frac{m(v \sin \theta)}{eB}$ ）、 v_{\parallel} は等速直線運動。

0.3 2. 気体分子の電離現象（説明）

0.3.1 出題ポイント

3種類の電離を区別して説明できること。

電離の種類	要点	備考
電界電離	衝突で増幅される	タウンゼント作用
熱電離	熱運動で電離する	アーク放電
光電離	光吸収で電離する	初期電子供給

電界電離（衝突電離）

電界により加速された自由電子が気体分子と衝突し、分子を電離して二次電子を生成する現象。タウンゼント放電の基礎となる。

熱電離（衝突電離）

高温下で分子の熱運動が激しくなり、衝突エネルギーで電離が起きる。アーク放電において顕著である。

光電離

外来光（紫外線など）を吸収して電離が起きる現象。条件は $h\nu \geq W$ で、放電の種火（初期電子）を供給する。

0.4 3. タウンゼントの理論と火花放電の条件（導出）

0.4.1 定義と記号

α : 単位長あたりに作られる電子・正イオン対数（一次増幅）

γ : 陰極に衝突した陽イオン 1 つ当たりの二次電子放出数

ℓ : 電極間距離, n_0 : 陰極から出た初期電子数

0.4.2 導出（要点）

陰極から出た n_0 個が陽極に到達するまでに一次増幅を受けると

$$n_1 = n_0 e^{\alpha\ell}. \quad (3)$$

発生した陽イオン数は $n_0(e^{\alpha\ell} - 1)$ 。これが陰極へ戻り二次電子を出す数は

$$\gamma n_0(e^{\alpha\ell} - 1). \quad (4)$$

この過程が繰り返されると全通過電子数 N は無限等比級数となり、

$$N = \frac{n_0 e^{\alpha\ell}}{1 - \gamma(e^{\alpha\ell} - 1)}. \quad (5)$$

分母がゼロになると発散して火花放電が起きるため、タウンゼントの発火条件は

$\gamma(e^{\alpha\ell} - 1) = 1$

(6)

0.5 4. パッシェンの法則（説明）

放電開始電圧 V_c は $p\ell$ の関数であり、ある $p\ell$ で最小値（パッシェン・ミニマム）を持つ。

0.5.1 物理的説明（要点）

- $p\ell$ が大きい側: 分子密度が高く電子がすぐ散逸するため、電離に必要なエネルギーを与えにくく → 高い電圧が必要。
- $p\ell$ が小さい側: 衝突相手が少なく効率的な電離が起きにくい → 高い電圧が必要。

0.6 5. グロー放電を利用した機器

- ネオン管（ネオンサイン）— 低圧で安定発光を利用。
- 蛍光灯 — グロー放電で紫外線を生成し蛍光体で可視光へ変換。
- プラズマディスプレイ（PDP）— マイクロセル内のグロー放電を利用。
- スパッタリング装置 — ターゲット表面の原子蒸発にグロー放電を利用。

0.7 6. アーク放電を利用した機器

- アーク溶接 — 高温アーケで母材を溶融して接合。
- アーク炉 — スクラップの溶解。
- 高輝度放電ランプ（HID）— スタジアム照明など。
- 遮断器のアーケ消弧 — スイッチ開閉時のアーケ対策（利用というより設計課題）。

0.8 試験直前チェックリスト

- 計算: $r = mv/(eB)$ の式変形がスムーズか（速度・周期を求められるか）。
- 導出: N を等比級数の和の形に整理できるか。
- 記述: パッシェンの法則で「衝突しすぎるからダメ（右側）」と「衝突相手がないからダメ（左側）」を明快に書き分けられるか。
- 用語: α （電子なだれ）、 γ （二次電子放出）、 $\alpha\ell$ 、 V_c 。

参考

講義ノート（手書き PDF）に準拠。健闘を祈ります。