

B 3 実験 光吸収・発光と光反応 レポートシート

提出日 年 月 日

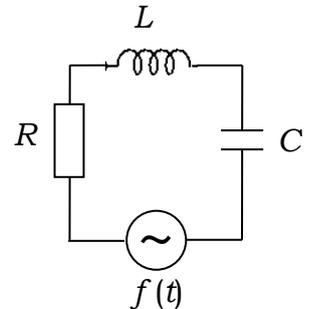
班 _____ 実験番号 _____ 氏名 _____

実験番号 _____ 氏名 _____

0. 共鳴・吸収

右図のような回路を考え、コンデンサーに蓄えられる電荷を $Q(t)$ とすると、回路を流れる電流 $I(t)$ は $dQ(t)/dt$ に等しく、外部から加えられる電圧 $f(t)$ が $A \sin \omega t$ で与えられるなら次式が成立する*：

$$L \frac{d^2 Q(t)}{dt^2} + R \frac{dQ(t)}{dt} + \frac{1}{C} Q(t) = A \sin \omega t \quad (0-1)$$



適当な初期条件を選ぶことで $Q(t)$ は次式で与えられる：

$$Q(t) = -\frac{ar\omega}{(\omega^2 - \omega_0^2)^2 + r^2\omega^2} \cos \omega t - \frac{a(\omega^2 - \omega_0^2)}{(\omega^2 - \omega_0^2)^2 + r^2\omega^2} \sin \omega t \quad (0-2)$$

ここで $a = A/L$ 、 $r = R/L$ 、 $\omega_0^2 = 1/LC$ である。単位時間当たり平均的にこの回路が吸収するエネルギー $P(\omega)$ は、抵抗 R の発熱量 $RI(t)^2$ の長時間平均で表わされる。

$$P(\omega) = \frac{1}{2} \frac{Ra^2\omega^2}{(\omega^2 - \omega_0^2)^2 + r^2\omega^2} \quad (0-3)$$

(1) (0-2)式から(0-3)式が得られることを示せ（紙幅が足りなければ裏面か、あるいは別紙に書いて添付すればよい。 $f(t)I(t)$ の時間平均を計算しても良い）。

(2) $\omega = \omega_0$ の時に回路の吸収する平均エネルギー $P(\omega)$ が最大となることを示せ。

(3) $P(\omega)$ がその最大値の半分の値 $A^2/4R$ を取る時の角振動数を ω_+ 、 ω_- とする ($\omega_+ > \omega_- > 0$)。 ω_+ と ω_- の差 ($\omega_+ - \omega_-$ 半値幅) が R に比例することを示せ。

(4) インダクタンス $L = 5.0 \text{ mH}$ 、キャパシタンス $C = 50 \text{ pF}$ 、抵抗 $R = 1 \text{ k}\Omega$ 、課される電圧 $f(t)$ の振幅 $A = 1.0 \text{ V}$ であるとする。 ω_0 はいくらになるか？ また $P(\omega)$ の角振動数 ω 依存性を $0 < \omega < 5 \text{ MHz}$ の範囲について Igor を用いて図示せよ。抵抗 R を $2 \text{ k}\Omega$ にしたばあいについても示せ。

* 通常は複素インピーダンス $Z = R + i[\omega L - 1/(\omega C)]$ を用いて表現されることが多いが、ここではより直截的で、単振動とのアナロジーが見通しやすい形 ($L \rightarrow$ 質量、 $R \rightarrow$ 摩擦係数、 $1/C \rightarrow$ バネ定数) で議論する。

1. フルオレセイン／光合成色素の吸収と蛍光

1-1. 励起光源に使用する LED のピーク波長 λ_{\max} 、電圧* V などを下表に整理せよ。LED の効率が十分高ければ、 $\lambda_{\max} V$ はいくらになると考えられるか？

視認した光源の色	$\lambda_{\max} / \text{nm}$	V / V	$\lambda_{\max} V / \mu\text{m V}$	備考

*LED にかかる電圧をテスターで読み取る (UV ライト等の場合は省略)。

1-2. 蛍光スペクトルに励起波長依存性が見られない理由を簡潔に説明せよ。

1-3. 吸収スペクトルと蛍光スペクトルで鏡像関係が成立する理由を簡潔に説明せよ。

1-4. テキスト(2)式の関係式 $\lambda^3 F_e(\lambda) = \lambda^2 F_q(\lambda) = \lambda F_e(\tilde{\nu}) = F_q(\tilde{\nu})$ が成立することを、教員(YY)にも分かるように説明せよ。

1-5. 励起波長より短波長側に蛍光スペクトルが観察されるのは変だと無能の昭和老人 YY が頭を抱えている。なぜ吸収したエネルギーより大きなエネルギーを放出することが起きえるのか、実際に観測されたスペクトルに照らして YY にも分かるように説明せよ。

2. アントラセンの光吸収と発光

2-1. 吸収スペクトルと蛍光スペクトルに見られる振動構造は、それぞれ基底状態、励起状態、どちらの振動運動を反映していると考えられるか。またそれぞれの振動構造のピークがどのような振動順位間の遷移に対応すると考えられるか、添付された例にならって、レポートシートに添付する図中に記せ ($0 \rightarrow 0$ 、 $0 \rightarrow 1$ 等)。

2-2. 得られた蛍光スペクトル (希釈したものあるいは母液でもよい) を波数 $\tilde{\nu}$ ($= 1/\lambda$) に対して表示し、スペクトルの振動構造のピーク位置について、波数表示で得られるもの ($\tilde{\nu}_{\max}$) と波長表示で得られるもの (λ_{\max}) とがほぼ一致すること ($\tilde{\nu}_{\max} \approx 1/\lambda_{\max}$) を確かめよ。

2-3. 吸収および蛍光スペクトルのピーク位置と吸光度・強度を読み取って、サンプルの表計算シートにならって整理せよ。また得られた振動準位の間隔から、分子のどのような振動モードが、光吸収・発光と深くかかわっているか考えてみよ。

3. リボフラビンの定性試験

3-1. クロロホルム抽出液の吸収スペクトルと蛍光スペクトルを用いて、光吸収を用いた測定と蛍光を用いた測定の検出感度を比較検討せよ (希釈していった時、それぞれ何倍希釈まで検出できそうかを考えればよい。蛍光の場合には励起光強度を大きくした場合についても考えてみよ)。

4. アントラセンの光二量化

4-1. テキスト付録問 2 の B_1 の対称化分子軌道について、エネルギー固有値を計算せよ。また表 A-1 を参考にアントラセンの HOMO(最高被占軌道)と LUMO(最低空軌道)の概形を書いて見よ。

☆提出ファイル (各グループごと)

提出する図 (pdf ファイル)

次の図を Igor で作成して pdf ファイルにしたものを指示に従って提出する (いずれも 1 枚の図にまとめる) :

- (A) テキストの予習課題(1)の $F_e(\lambda)$ と $F_q(\tilde{\nu})$ ($300 \text{ nm} < \lambda < 800 \text{ nm}$ 。 $\tilde{\nu}$ の単位としては cm^{-1} をとる)。
- (B) 問 0-(4)の $P(\omega)$ の角振動数 ω 依存性。
- (C) pH 10 における、フルオレセインの吸収スペクトルと、蛍光スペクトルの励起波長依存性 (4 倍に希釈した結果も示すこと)。
- (D) スピルリナの水抽出物と酢酸エチル抽出物の吸収スペクトルと蛍光スペクトル。
- (E) アントラセンの吸収・蛍光スペクトル (波長に対して表示。希釈した結果も示すこと)。
- (F) リボフラビンの定性試験で得られた、光照射サンプルのクロロホルム抽出液の吸収・蛍光スペクトル。
- (G) アントラセンとジアントラセン、ジアントラセンの熱分解生成物の吸収スペクトル。

提出ファイル

指示に従って、

○各種 LED 等光源の発光スペクトル、標準スペクトルと実測したフルオレセインの蛍光の比較 (較正曲線)、フルオレセインの吸収・蛍光の濃度依存性等について作成した Igor のファイル

○アントラセンの振動構造を解析した表計算ソフトのファイル

を提出する。