



2022年度

聖マリアンナ医科大学 一般 後期入試問題

2022年3月2日実施

YMSの「聖マリ[後期]直前講習会」から 入試問題がズバリ的中!!

実際の入試問題

5 次の文章は、水素原子内の電子が第1励起状態から基底状態に移ったときに放出される光子の振動数 ν を求める説明である。(①) ~ (⑩) に適切な式または数を入れなさい。⑦~⑩および⑫~⑬は指数を表す。①~⑬は解答の過程を示さなくてよい。

最初に、説明で用いる物理量を定義する。水素原子内の電子は、原子核の周りを速さ v 、半径 r で等速円運動しているとす。電子の質量を m 、真空中のクーロンの法則の比例定数を k_0 、電気素量を e 、プランク定数を h とする。また、水素原子内の電子の基底状態のエネルギー準位を E_1 、第1励起状態のエネルギー準位を E_2 とする。

まず、振動数条件を考える。振動数条件より E_1 、 E_2 、 ν の関係は (①) である。

次に、水素原子内の電子の軌道半径について考える。電子と原子核との間の静電気力の大きさは (②) である。この静電気力が向心力のはたらきをして電子は等速円運動をする。したがって、電子の運動を表す運動方程式は (③) = (②) である。一方、ボーアの仮説における量子条件は、自然数 n を用いて $2\pi r =$ (④) である。これらの式から v を消去して r を求める。運動方程式を変形すると $(mv)^2 =$ (⑤) となる。また、量子条件を変形すると $(mv)^2 =$ (⑥) となる。

(⑤) = (⑥) より、電子の軌道半径は

$$r = \frac{h^{(7)}}{4\pi^2 k_0 m^{(8)} e^{(9)} \cdot n^{(10)}} \dots (A)$$

と書ける。

最後に、エネルギー準位について考える。

静電気力による電子の位置エネルギー U は、基準点を無限遠点とすると $U = -k_0 \frac{e^2}{r}$ である。したがって、電子

のエネルギーを E とすると、

$$E = \frac{1}{2} mv^2 - k_0 \frac{e^2}{r} \dots (B)$$

である。ここで運動方程式より mv^2 を求めて式 (B) に代入

$$E = - (⑪) \cdot k_0 \frac{e^2}{r} \dots (C)$$

となる。式 (C) の r に式 (A) の r を代入すると、水素原

$$E_n = - \frac{2\pi^2 k_0^2 m^{(12)} e^{(13)}}{h^{(14)}} \cdot n^{(15)}$$

と書ける。

以上より、求める振動数は $\nu =$ (⑬) となる。



「ボーアモデルと
水素原子の
スペクトル」が
完全的中!

『YMS 2022年度 聖マリ後期直前対策』

5 以下の各問に答えなさい。ただし、電気素量を e 、電子の質量を m 、プランク定数を h 、光速を c 、クーロンの法則の比例定数を k_0 とする。[1]、[2]、[5]、[8] ~ [11] は解答の過程を示す必要はない。

[A] 図5のように、水素原子核のまわりを、速さが v で半径が r の等速円運動をしているものとする。電子が原子核の周りを円運動すると、一般に電磁波を放射してエネルギーを失うことが知られている。しかし、電子が量子条件を満たすとき、電子は定常状態になり電磁波を放射しない。

[1] この「定常状態」の物理学者の名前を答えなさい。

[2] 図5の中心の点に、運動方程式を書きなさい。

[3] ボーアの原子模型における量子条件を、正の整数 n (量子数)、 r 、 h 、 m 、 v を用いて表しなさい。

[4] 電子の軌道半径 r を、速さ v を用いずに表しなさい。

[5] リュドベリ定数を求めなさい。

[6] 量子数 n の水素原子のエネルギーを、速さ v および半径 r を用いずに表しなさい。

[7] 量子数 $n=1$ のときの水素原子の電子のエネルギーは -13.6 eV である。水素原子の電子が、量子数 $n=2$ の状態から量子数 $n=1$ の状態に移るときに放出される光の波長を求めなさい。ただし、 $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ 、 $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ 、 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ とする。

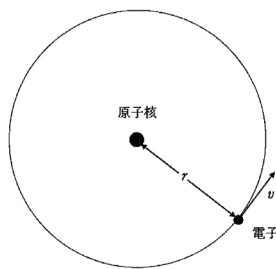


図5



後期入試を勝ち抜ける 勝利への大逆転講座

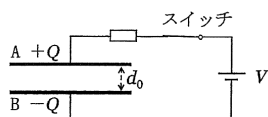
『入試前日』YMS 医大別直前講習会!

さらに以下の内容も「聖マリ直前講習会」から 入試問題がズバリの中!!

実際の入試問題

3 極板 A、B からなる平行板コンデンサーにスイッチと抵抗、起電力 V の電池を接続した。このコンデンサーは極板間の間隔を変えることができ、極板間の電場は常に一様であるとする。極板間に誘電体を挿入しないとき、極板間は真空である。以下の各問に答えなさい。

極板間の間隔を d_0 に固定してスイッチを閉じたところ、コンデンサーには Q の電気量が蓄えられた。ただし、 $Q > 0$ である。この状態を「状態 I」とする。



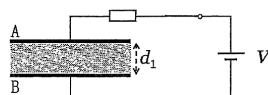
状態 I の図

- 〔1〕 状態 I のときのコンデンサーの電気容量を求めなさい。
- 〔2〕 状態 I のときの極板間の電場の強さを求めなさい。

〰 省略

- 〔9〕 状態 I から状態 III への変化において抵抗に生じるジュール熱を求め、そのジュール熱が正であることを証明しなさい。

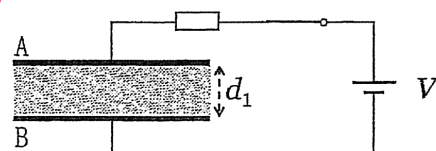
状態 III に続き、スイッチを閉じたまま極板 A、B の間を比誘電率 ϵ_r の誘電体で満たしたところ、コンデンサーに蓄えられる電気量が変化し、やがて一定になった。この状態を「状態 IV」とする。



状態 IV の図

- 〔10〕 状態 III から状態 IV への変化において、電池がした仕事を求めなさい。

「コンデンサーへの
誘電体の挿入」が
的中!



状態 IV の図

『YMS 2022年度 聖マリ直前対策』

4 一辺の長さが L [m] の正方形の極板 A、B からなる平行板コンデンサーが図 1 のように起電力 V [V] の直流電源とスイッチに接続されている。コンデンサーの極板 AB 間の距離は d [m] で、極板間には一辺の長さが L の正方形の断面を持ち、厚さ d 、比誘電率 $\epsilon_r (> 1)$ の誘電体が極板 A、B の両端の位置と一致するところまで挿入されている。コンデンサーは真空中に設置されており、真空の誘電率は ϵ_0 [F/m] とする。最初、スイッチは閉じられており、閉じてから十分な時間がたっている。以下の各問に答えなさい。ただし、 L は d に比べて十分大きいものとする。〔1〕は解答の過程を示す必要はない。

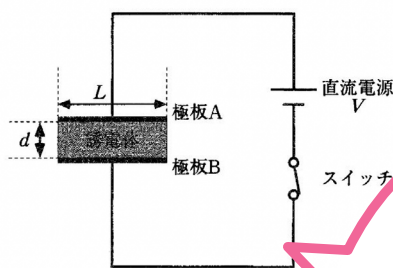


図 1

- 〔1〕 コンデンサーに蓄えられている電気量 [C] を ϵ_0 、 ϵ_r 、 d 、 L 、 V のうち必要なものを組み合わせて表しなさい。

〰 省略

次に、スイッチを閉じ、十分時間がたったのち、スイッチを閉じたまま図 3 のように誘電体に外から力を加えてゆっくりと x [m] ($0 < x < L$) だけ引き抜いた。

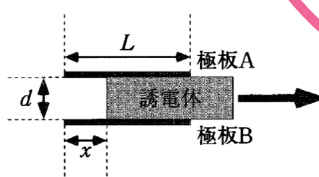


図 3

- 〔5〕 さらに誘電体をゆっくりと微小距離 Δx [m] だけ引き抜いたとき、コンデンサーに蓄えられる静電エネルギーの変化量 [J] を ϵ_0 、 ϵ_r 、 d 、 L 、 V 、 x 、 Δx のうち必要なものを用いて表しなさい。ただし、 $0 < x + \Delta x < L$ とする。
- 〔6〕 誘電体を Δx だけ引き抜くときに外から加えた力の大きさ [N] を ϵ_0 、 ϵ_r 、 d 、 L 、 V 、 x 、 Δx のうち必要なものを用いて表しなさい。

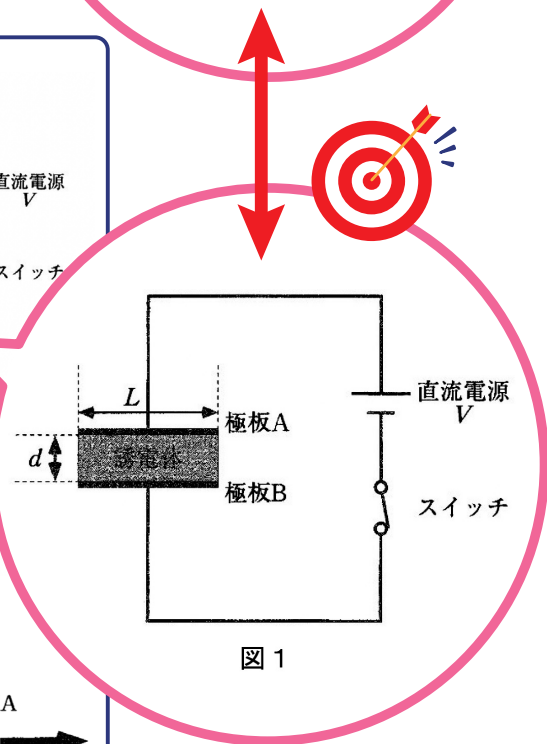


図 1