

物理実験学 I 中間試験 (追試) (90 分)

解答例

身内 2014/05/30

注意事項 ノート、プリントなど、持ち込み可
関数電卓使用可
試験中のコミュニケーション・ネットへの接続不可

満点 24 点

I 新粒子の探索実験を行ったところ、100 時間での反応数は 2 事象だった。真の反応数の期待値及び 1 秒あたりの反応率を 95%の信頼度で求めよ。(4 点)

0.36~6.72 事象 (2 点)

100 時間は 3.6×10^5 秒なので、 $1 \times 10^{-6} \sim 1.87 \times 10^{-5}$ 事象 s^{-1} (2 点)

III ある検出装置を組みあげたところ、AC100V の電源起源と考えられる 60Hz のノイズが観測された。興味のある信号は、20n 程度で立ち上がり 300ns 程度で立ち下がることが分かっている。以下の手持ちの抵抗とコンデンサーを用いてノイズから信号を取り出す方法を考えよ。

抵抗(カラーバーを示す) 緑茶黒金 茶黒茶金 茶黒赤金 茶黒橙金
コンデンサー (コンデンサー表面に以下の表記) 1 33 101 333 104
(配点 10)

速い信号を取り出したいので、ハイパスフィルターを組む。(言葉 1 点 回路図 1 点)

300ns (~3.3MHz) で立ちさがるので 1MHz 以下のカットオフが適当だろう。(2 点+2 点) 下限は 60Hz より十分大きい 1kHz とする。

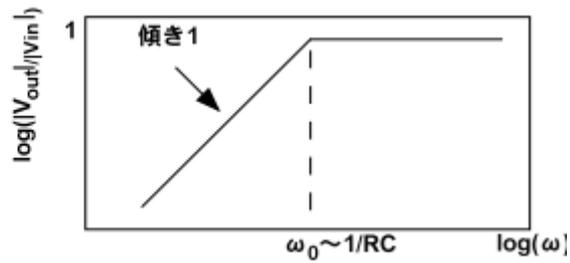
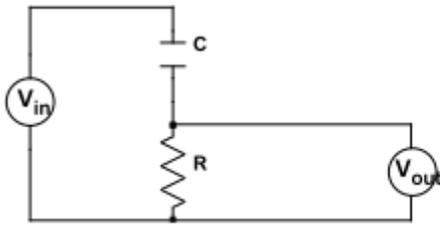
$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi RC} = 1 \times 10^3 \sim 1 \times 10^6$$

$$RC = \frac{1}{2\pi \times (10^3 \sim 10^6)} = \frac{10}{2\pi} \times (10^{-7} \sim 10^{-4}) \quad \text{なので、} \quad (2 \text{ 点})$$

たとえば $1k\Omega$ $100pF$ で $RC = 10^3 \times 10^{-10} = 10^{-7}$ を組める。

したがって R= 茶黒赤金、C=101 など(RC がこれより 3 桁程度小さい範囲まで可)を使って 以下の回路を組めば良い。

(よさそうな組み合わせに 2 点)



IV 運動エネルギー1.5MeV の中性子の速度を求めよ。この中性子の運動エネルギーを飛行時間から測定するのに適した検出器を例示せよ。また、この中性子に対して、1m の飛行時間の差によって100keV の運動エネルギーの分解能を得るためには、どれだけの時間分解能が必要か計算せよ。(運動エネルギーが100keV だけ違う中性子の速度を計算、飛行時間の差を計算すればよい。) (配点10)

(解答例)

遠藤エネルギー 1.5MeV、質量が 940MeV なので 中性子

$$\gamma = 1 + \frac{T}{mc^2} = 1 + \frac{1.5}{940} = \frac{941.5}{940} = 1.0016 \quad (2 \text{ 点})$$

$$\beta = \sqrt{1 - \frac{1}{\gamma^2}} = \sqrt{1 - \left(\frac{940}{941.5}\right)^2} = 0.0564 \quad (2 \text{ 点})$$

$$\text{従って } v = 0.0564 \times 3 \times 10^8 \text{ m/s} = 1.693 \times 10^7 \text{ m/s} \quad (2 \text{ 点})$$

飛行時間を検出する。時間分解能が良くて面積の大きいプラスチックシンチレータなどが適している。(2点時間分解能という言葉があれば1点)

運動エネルギー1.4MeV では

$$\gamma = 1 + \frac{T}{mc^2} = 1 + \frac{1.4}{940} = \frac{941.4}{940}$$

$$\beta = \sqrt{1 - \frac{1}{\gamma^2}} = \sqrt{1 - \left(\frac{940}{941.4}\right)^2} = 0.0545$$

$$\text{従って } v = 0.0545 \times 3 \times 10^8 \text{ m/s} = 1.635 \times 10^7 \text{ m/s}$$

$$1/(1.635 \times 10^7) - 1/(1.693 \times 10^7) = 10^{-7} \times (0.02) = 2[\text{ns}] \quad (2 \text{ 点 (速度の計算までで部分点 1 点)})$$