

東京慈恵会医科大学

【物理（解答）】

1.

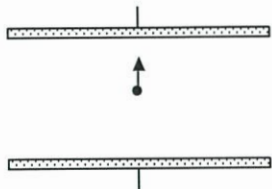
問1. $h\pi r^2$ 問2. $\frac{2\pi r^3 \rho}{3}$ 問3. $\frac{3h}{2\rho g}$ 問4. $2\pi \rho r^2 \Delta r$

問5. $2\rho dr v \Delta t$ 問6. $\frac{d}{\pi r}$ 問7. $(m + \Delta m)v' - mv = mg\Delta t - \pi r^2 h \Delta t$

問8. $g - \frac{3h}{2\rho r} - \frac{3d}{\pi r^2} v^2$ 問9. $\sqrt{\frac{\pi r^2}{3d} \left(g - \frac{3h}{2\rho r} \right)}$

(出題者の意図を汲み取って解答するなら)

2.

問1. 40V 問2. 大きさ： 3.2×10^{-15} N 向き：

問3. 1.5m^2 問4. 5.9×10^6 m/s

問5. 電位： 3.0×10^2 V 力： 2.7×10^{-3} N 静電エネルギー増加量： 2.7×10^{-5} J



3.

問1. $\frac{c - v \cos \theta}{c} f$ 問2. $\frac{c - v \cos \theta}{c + v \cos \phi} f$ 問3. $hf + \frac{1}{2}mv^2 = hf' + \frac{1}{2}mv'^2$

問4. $\frac{hf}{c} \vec{n} + m\vec{v} = \frac{hf'}{c} \vec{n}' + m\vec{v}'$ 問5. $\frac{1}{2}mv^2 + \frac{h}{c}v(f \cos \theta + f' \cos \phi)$

問6. $\frac{c - v \cos \theta}{c + v \cos \phi} f$ (問4.と問5.を連立し、 $\frac{1}{2}mv'^2$ を消去すると問2.の結果と一致する)

問7. $\frac{2v}{c} f$ 問8. 1.6×10^{-2} m/s

【物理（講評）】

例年と比べ誘導が丁寧であり、昨年よりやや易化した。

- 見慣れない設定であったが、誘導が親切なので、それに従って解けばよい。
- 典型的な問題なので、完答したい。
- 直前講習の慈恵対策物理で扱った問題が大的中した。問5.のベクトルの計算ができたかどうかは鍵。



東京慈恵会医科大学

物理 大的中!

直前講習会の
プリントから!!

3. 音波は身近な物理現象であると同時に、科学的に重要な興味の対象であり、医学的にも欠かせないツールとなっている。振動数が20 kHz以上の音波は超音波と呼ばれ、医療では診断、治療、手術道具として広く用いられている。超音波には、ほとんど同じ密度の物質の境界でも反射する。また、X線に比べて生体を損傷することなく使用できるなどの利点がある。

超音波診断装置には赤血球で反射された超音波(エコー)から赤血球の移動速度の平均値、すなわち血流速度を測定する機能が実装されている。

図のように十分長い円筒状の血管の近くに振動数 f の超音波を発生する発振器(音源)と受信機を置く。音源からの超音波は血管の軸に対し角度 θ [rad]で入射し、血管に平行な方向に速さ v で音源から遠ざかる赤血球で反射され、血管の軸に対して角度 ϕ [rad]の方向にある受信機で検出されるとする。血管は十分細く、血液の赤血球以外の成分の流れの影響は無視でき、人体内での超音波の散乱(反射)も無視できるものとする。血液中および体内の音速を c とし、 c は血流の速さ v より十分大きいものとして以下の問いに答えなさい。

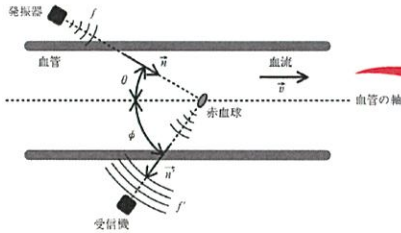


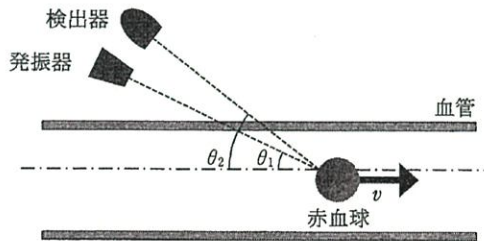
図 超音波血流計の配置図

問1. 音源から遠ざかっている赤血球に到達する超音波の振動数 f_1 (赤血球上で観測する振動数)を音源の振動数 f 、 v 、 c 、 θ 、 ϕ のうち必要なものを用いて表しなさい。

問2. 赤血球は振動数 f_1 の超音波を散乱(反射)する。すなわち、赤血球は運動しながら振動数 f_1 の超音波を発生する音源となる。静止している受信機で検出される振動数 f_2 を音源の振動数 f 、 v 、 c 、 θ 、 ϕ のうち必要なものを用いて表しなさい。

超音波は医療において、診断などに幅広く利用されている。超音波を利用して体内の血管を流れる血液の速度を測定する場合を考える。

図のように、血管の外側に超音波の発振器と検出器を置く。発振器からは振動数 f の超音波が発射され、血管と平行に速さ v で遠ざかっている赤血球で一部が反射され、この反射波を検出器で検出する。発振器と赤血球を結ぶ線と血管に平行に引いた線のなす角を θ_1 、検出器と赤血球を結ぶ線と血管に平行に引いた線のなす角を θ_2 とする($0 < \theta_1 \leq \theta_2 < 90^\circ$)。体内での音速は c であり、赤血球の速度は音速に比べて十分に小さいものとする。



問1 赤血球が受ける超音波の振動数 f_1 を f 、 v 、 θ_1 、 c を用いて表せ。

問2 検出器で検出する振動数 f_2 を f_1 、 v 、 θ_2 、 c を用いて表せ。

問3 3つの振動数 f 、 f_1 、 f_2 を小さいものから順に並べよ。

問4 発振器から発射された超音波と、検出器で検出される反射波で1秒間に起こるうなりの数 N を f 、 v 、 θ_1 、 θ_2 、 c を用いて表せ。また、 v を f 、 θ_1 、 θ_2 、 c 、 N を用いて表せ。

問5 音速 c を 1.5×10^3 m/s、発振器から発射される超音波の振動数 f を 6.0×10^6 Hz、検