医学部進学予備校 メビオ × 医学部専門予備校 YMS 医学部専門予備校 英進館メビオ 福岡校

解答速報

藤田医科大学（後期）　物理

2022年3月4日実施

第1問

解答

問 1　$d = V_0 t_1$

問 2　$V_1 = \left\{1 - (1+e)\dfrac{m}{M}\right\} V_0$

問 3　$e = \dfrac{t_2 - t_1}{t_3 - t_2}$

問 4　$L = \dfrac{(t_2 - t_1)^2}{t_3 - t_2} V_0$

問 5　$m = \dfrac{(t_3 - t_2)(V_0 - V_1)}{(t_3 - t_1)V_0} M$

解説

問 1　図 3 のグラフで、衝突前後以外に物体 A の速度変化がないことから、物体 A、B の間に動摩擦力が作用していないことが分かる。求める値 d は、時刻 t_1 までの物体 A の変位に等しいので $\boldsymbol{d = V_0 t_1}$。

問 2　物体 B の質量 m を用いると、物体 A の質量は $M - m$。

物体系の重心の速度 $v_G = \dfrac{(M-m)V_0 + m\cdot 0}{M} = \dfrac{M-m}{M}V_0$。

一直線上の 2 物体の衝突によって、各物体の重心に対する相対速度の大きさは e 倍になるので、

$$e\,(V_0 - v_G) = v_G - V_1 \qquad \therefore\ V_1 = \boldsymbol{\left\{1 - (1+e)\frac{m}{M}\right\} V_0}$$

問 3　一直線上の 2 物体の衝突によって、物体 A、B の相対速度の大きさも e 倍となる。2 回目の衝突前後の物体 A、B の相対速度の大きさを、それぞれ $V_{前}$、$V_{後}$ とすると、$e = \dfrac{V_{後}}{V_{前}}$。また、$L = V_{前}\,(t_2 - t_1) = V_{後}(t_3 - t_2)$ であるので、

$$e = \frac{L/\,(t_3 - t_2)}{L/\,(t_2 - t_1)} = \boldsymbol{\frac{t_2 - t_1}{t_3 - t_2}}$$

問 4　1 回目の衝突直後の物体 A、B の相対速度の大きさは eV_0。

$$L = eV_0\,(t_2 - t_1) = \boldsymbol{\frac{(t_2 - t_1)^2}{t_3 - t_2} V_0}$$

問 5　問 2 の式を m について整理して、e の値を代入する。

$$m = \frac{V_0 - V_1}{(1+e)V_0} M = \boldsymbol{\frac{(t_3 - t_2)(V_0 - V_1)}{(t_3 - t_1)V_0} M}$$

〈〈 模試・講座のご案内 〉〉
医学部進学予備校 メビオ では 春期講習 を実施します
医学部受験相談会も好評実施中 ※いずれも詳細は最終面をご確認ください

第2問

解答

問1　$\dfrac{1}{\mu}$

問2　$\dfrac{1}{\sin\theta_1}\sqrt{\dfrac{g\cos\theta_1}{L}}$

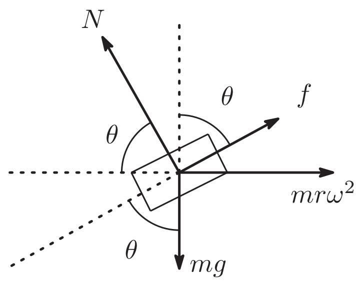
問3　$\sqrt{\dfrac{\cos\theta_1-\mu\sin\theta_1}{\sin\theta_1+\mu\cos\theta_1}\cdot\dfrac{g}{L\sin\theta_1}}$

問4　$\sqrt{\dfrac{\cos\theta_1+\mu\sin\theta_1}{\sin\theta_1-\mu\cos\theta_1}\cdot\dfrac{g}{L\sin\theta_1}}$

問5　$\theta_1\to\theta_{\mathrm{c}}+0$ のとき $\omega_{\max}\to+\infty$ となることから，$\tan\theta_{\mathrm{c}}=\mu$

解説

斜面からAにはたらく垂直抗力の大きさを N とし，斜面方向上向きを正として，静止摩擦力を f とする。また，Aの回転半径を $r(=L\sin\theta)$ とおく。回転軸のまわりに角速度 ω で回転する観測者からみたとき，Aには水平外向きに遠心力 $mr\omega^2$ がはたらく。



問1　Aが滑り出す直前を考える。$\theta=\theta_0$，$\omega=0$ とすると，$f=\mu N=\mu mg\sin\theta_0$ となる。斜面方向の力のつりあいより

$$mg\cos\theta_0=\mu mg\sin\theta_0\quad\therefore\ \tan\theta_0=\boldsymbol{\frac{1}{\mu}}$$

問2　$\theta=\theta_1$，$f=0$，$\omega=\omega_1$ として，斜面方向の力のつりあいより

$$mg\cos\theta_1=mr{\omega_1}^2\sin\theta_1\quad\therefore\omega_1=\sqrt{\frac{g\cos\theta_1}{r\sin\theta_1}}=\boldsymbol{\frac{1}{\sin\theta_1}\sqrt{\frac{g\cos\theta_1}{L}}}$$

問3　$\theta=\theta_1$，$f=\mu N$，$\omega=\omega_{\min}$ として，鉛直方向の力のつりあいより

$$mg=N\sin\theta_1+\mu N\cos\theta\quad\therefore N=\frac{mg}{\sin\theta_1+\mu\cos\theta_1}$$

また，水平方向の力のつりあいより

$$mr{\omega_{\min}}^2+\mu N\sin\theta_1=N\cos\theta_1\quad\therefore\quad\omega_{\min}=\boldsymbol{\sqrt{\frac{\cos\theta_1-\mu\sin\theta_1}{\sin\theta_1+\mu\cos\theta_1}\cdot\frac{g}{L\sin\theta_1}}}$$

問4　問3の μ を $-\mu$ に置き換えればよい。$\omega_{\max}=\boldsymbol{\sqrt{\dfrac{\cos\theta_1+\mu\sin\theta_1}{\sin\theta_1-\mu\cos\theta_1}\cdot\dfrac{g}{L\sin\theta_1}}}$

問5　（略解に同じ）

<次頁につづく>

第3問

解答

問1　(ア) 7　(イ) 3　(ウ) 4　(エ) 2
問2　$3M_\mathrm{p} + 4M_\mathrm{n} - M = 7.0 \times 10^{-29}$ [kg]
問3　$M_\mathrm{p} + M - 2M_\alpha = 3.1 \times 10^{-29}$ [kg]
問4　1.4×10^{-12} [J]
問5　8.7 [MeV] (詳解参照)
問6　②

解説

問1　α 粒子は ${}^4_2\mathrm{He}$ の原子核である。∴ (ウ) **4**, (エ) **2** となる。Li の原子番号は (イ) **3** である。Li の質量数を a とすると，与えられた核反応式の両辺の質量数の和が等しいことから $1 + a = 2 \times 4$ を解いて (ア) $a = \mathbf{7}$ となる。

問2　Li 原子核はバラバラな状態の 3 個の陽子と 4 個の中性子に比べて質量欠損だけ軽くなり，安定化している。したがって，求める質量欠損は

$$\boldsymbol{3M_\mathrm{p} + 4M_\mathrm{n} - M} = (3 \times 1.6726 + 4 \times 1.6749 - 11.6476) \times 10^{-27} = 0.0698 \times 10^{-27}$$
$$\fallingdotseq \mathbf{7.0 \times 10^{-29}} \text{ [kg]}$$

問3

$$\Delta M = \boldsymbol{M_\mathrm{p} + M - 2M_\alpha} = (1.6726 + 11.6476 - 2 \times 6.6446) \times 10^{-27} = 0.031 \times 10^{-27}$$
$$= \mathbf{3.1 \times 10^{-29}} \text{ [kg]}$$

問4　反応直後が具体的にどのような状況を指しているのか不明であるが，質量欠損分のエネルギー ΔMc^2 が全て反応後の粒子の運動エネルギーに変換された場合を考える。対称性から 2 つの α 粒子はそれぞれ $\dfrac{1}{2}\Delta Mc^2$ の運動エネルギーを持つ。

$$\frac{1}{2}\Delta Mc^2 = \frac{1}{2} \cdot 3.1 \times 10^{-29} \text{ [kg]} \cdot \left(3.0 \times 10^8 \text{ [m/s]}\right)^2 = 13.95 \times 10^{-13} \fallingdotseq \mathbf{1.4 \times 10^{-12}} \text{ [J]}$$

(注) 問 4 の次の問題文に「α 粒子が発生した直後における 2 個の α 粒子の中心間距離を 4.0×10^{-15} [m] とする」とあるので，反応直後がこの時を指すと解釈すると，次のような解答になる。

反応直後の α 粒子 1 個の運動エネルギーを K とし，$r = 4.0 \times 10^{-15}$ [m] とおく。α 粒子が十分遠方に到達した時と反応直後のエネルギー保存則 $2K + k\dfrac{(2e)^2}{r} = \Delta Mc^2$ より

$$K = \frac{1}{2}\Delta Mc^2 - \frac{1}{2}k\frac{(2e)^2}{r} = 1.395 \times 10^{-12} - \frac{1}{2} \cdot 9 \times 10^9 \frac{(2 \cdot 1.6 \times 10^{-19})^2}{4 \times 10^{-15}}$$
$$= 1.27 \cdots \times 10^{-12} \fallingdotseq 1.3 \times 10^{-12} \text{ [J]}$$

問5　核反応で生じた α 粒子が十分遠方に到達すると，2 つの α 粒子の運動エネルギーの和は，核反応で生じた質量欠損分のエネルギー ΔMc^2 だけ増加する。したがって問 4 の答えの単位を MeV に変換して，

$$\frac{1}{2}\Delta Mc^2 = \frac{1.395 \times 10^{-12}}{1.6 \times 10^{-19}} = 8.71 \cdots \times 10^6 \text{ [eV]} \fallingdotseq \mathbf{8.7} \text{ [MeV]}$$

(補足)　問題文で与えられている M_p などの質量は静止質量である。たとえば M_p は有限な距離に相互作用する粒子がない，真空中に孤立した陽子の質量である。したがって静止質量の差から求めた質量欠損分のエネルギー

ΔMc^2 は 2 つの α 粒子が十分離れた場合の運動エネルギーに等しい。2 つの α 粒子が距離 $r = 4.0 \times 10^{-15}$ [m] だけ離れた反応直後に，2 つの α 粒子が質量欠損分のエネルギー ΔMc^2 を運動エネルギーとして持っていて，十分離れた後にさらに位置エネルギー分だけ運動エネルギーが増加すると考えて，次のように立式すると間違いなので注意してほしい。

$$(\text{十分遠方に離れた}\alpha\text{粒子 1 個の運動エネルギー}) = \frac{1}{2}\left\{\Delta Mc^2 + k\frac{(2e)^2}{r}\right\} \leftarrow \text{この立式は間違い}$$

問 6　2 つの α 粒子が十分遠方に到達したとき，それぞれの α 粒子の速度を v_1，v_2 とおく。反応前に水素原子核とリチウム原子核の速さが無視できるほど小さいので，運動量保存則より $0 = M_\alpha v_1 + M_\alpha v_2$ を解いて $v_1 = -v_2$ である。したがって 2 つの α 粒子は **②互いに逆向きに運動している** ことが分かる。

第4問

解答

問1　$2(L_1-L_2-\Delta x)=n_1\lambda$,

$2(L_1-L_2+3\Delta x)=\left(n_1+\dfrac{1}{2}\right)\lambda$,

または,

$2(L_2-L_1+\Delta x)=n_1\lambda$,

$2(L_2-L_1-3\Delta x)=\left(n_1-\dfrac{1}{2}\right)\lambda$

問2　$16\Delta x$

問3　$2(L_1-L_2)=n_2(\lambda+\Delta\lambda)$,

または,

$2(L_2-L_1)=n_2(\lambda+\Delta\lambda)$

問4　(1)：(g) (2)：(iii)

問5　$\dfrac{\lambda}{8\Delta\lambda}$

問6　50回

問7　(c)

解説

問1　解答例①

$$\begin{cases} \boldsymbol{2(L_1-L_2-\Delta x)=n_1\lambda} \\ \boldsymbol{2(L_1-L_2+3\Delta x)=\left(n_1+\dfrac{1}{2}\right)\lambda} \end{cases}$$

解答例②

$$\begin{cases} \boldsymbol{2(L_2-L_1+\Delta x)=n_1\lambda} \\ \boldsymbol{2(L_2-L_1-3\Delta x)=\left(n_1-\dfrac{1}{2}\right)\lambda} \end{cases}$$

問2　①，②いずれの場合も，辺々引いて，$8\Delta x=\dfrac{1}{2}\lambda$ より，$\lambda=\boldsymbol{16\Delta x}$

問3　①のとき: $\boldsymbol{2(L_1-L_2)=n_2(\lambda+\Delta\lambda)}$

②のとき:$\boldsymbol{2(L_2-L_1)=n_2(\lambda+\Delta\lambda)}$

問4　ここでは，光路差を「M1側の光路長」-「M2側の光路長」の形の式で考察する。操作1，操作2の測定結果から，$\dfrac{2(L_1-L_2)}{\lambda}$ の値は，n_1 より大きく，$n_1+\dfrac{1}{2}$ より小さい実数であることがわかる。さらに光の波長を変化させた実験では，$\dfrac{2(L_1-L_2)}{\lambda+\Delta\lambda}$ は，前式の状態から，分母が増加している。一方，光の強さが単調に増加しているのでこの式全体の値もまた操作1と同様，減少している。これらより $L_1-L_2>0$。光の波長を変化させた実験では，光の強さが単調に増加しているので，操作1の実験結果を参考にすると，光路長が光の波長に対して相対的に減少していると読み取ることができる。

問5　問4より $L_1>L_2$ なので，問1より，

$$2(L_1-L_2)=(n_1+\frac{1}{8})\lambda$$

また，問3，4より，

$$2(L_1-L_2)=n_1(\lambda+\Delta\lambda)$$

とかけるので，

$$n_1(\lambda + \mathit{\Delta}\lambda) = (n_1 + \frac{1}{8})\lambda$$

これを n_1 について解いて，$n_1 = \dfrac{\boldsymbol{\lambda}}{\mathbf{8}\boldsymbol{\mathit{\Delta}\lambda}}$

問 6　問 5 より $n_1 = \dfrac{\boldsymbol{\lambda}}{\mathbf{8}\boldsymbol{\mathit{\Delta}\lambda}} = \dfrac{1}{8 \times 2.5 \times 10^{-3}} = \mathbf{50}$ **回**

問 7　$L_1 > L_2$ なので，弱め合う干渉条件 $2({L_1}' - L_2) = \dfrac{1}{2}\lambda$ を満たしていることがわかる。したがって，${L_1}' - L_2 = \dfrac{1}{4}\lambda$。こたえは **(c)**

＜次頁につづく＞

講評

第 1 問 ［力学：箱の中の物体の運動］（やや難）2 物体が衝突を繰り返す問題設定自体は受験生には馴染みのあるものだが，内壁の間の距離や，一方の物体の質量を逆算する設問は珍しい。衝突時に，重心に対する相対速度が各物体でそれぞれ $-e$ 倍されること，などを用いて，効率よく解答したい。

第 2 問 ［力学：回転する粗い斜面上の物体が滑る条件］（標準）遠心力のはたらく物体について，摩擦力が 0 となる条件や物体が滑り出す条件に関する問題である。問 4 までは標準的であるが，問 5 では悩んだ受験者も多かったかもしれない。

第 3 問 ［原子：原子核反応］（標準）典型的な原子核反応の問題だが，問題文を読むと，反応直後 α 粒子が十分離れていないときに，質量減少分のエネルギーが運動エネルギーに変化したと読めてしまう。クーロン力の位置エネルギーを持っている状態では静止エネルギーが解放されておらず，問 4，問 5 の導出で混乱した受験者もいたのではないだろうか。問 4 の導出には，問 4 のあとの情報が必要だと思われる。

第 4 問 ［波動：マイケルソンの干渉計］（やや難）標準的な干渉の問題。L_1，L_2 の大小関係を決めるのが難しいが，$L_1 > L_2$ ことに気付けば完答することも可能。

総じて昨年度後期と難易度は変わらない。それぞれの問題では，第 1 問：6 割，第 2 問：8 割，第 3 問：8 割，第 4 問：6 割とれば十分。全体での目標は，60%

本解答速報の内容に関するお問合せは
医学部進学予備校 メビオ
0120-146-156 受付 9:00~21:00(土日祝可)
大阪市中央区石町 2-3-12 ベルヴォア天満橋
https://www.mebio.co.jp/
医学部専門予備校 YMS
03-3370-0410
https://yms.ne.jp/
医学部専門予備校 英進館メビオ 福岡校
0120-192-215
https://www.mebio-eishinkan.com/
友だち追加で全科目を閲覧！
LINE 公式アカウント
メビオの友だち登録はこちらから

苦手も得意も今から伸ばす！
春期講習
第 1 期 3/20 (日・祝) 開講
第 2 期 3/27 (日) 開講
早めに学習の基礎を固めて、今後の成績を底上げしておきましょう！
2 泊 3 日無料体験
寮の宿泊・食堂利用・メビオのの2泊3日分無料体験をご用意しました！
オンラインクラスも同時開講！

医学部受験相談会 2022
〈好評開催中〉
大阪／京都／和歌山／名古屋／広島
医学部を目指すみなさまへ
長年にわたって医学部受験を指導している現役講師が壇上に立ち、医学部入試についての詳細な分析をお伝えします。入試にまつわる悩みや学習のご相談にもお答えします。
各会場では無料体験授業も実施（参加自由）
春期講習のお申し込み、説明会日程の確認・ご予約はお電話、HP、QRコードから承ります

医学部進学予備校 メビオ
フリーダイヤル 0120-146-156 【受付時間】9:00～21:00
大阪府大阪市中央区石町 2-3-12 ベルヴォア天満橋
天満橋駅（京阪／大阪メトロ谷町線）より徒歩3分
2022年度より特待制度を新設します
条件によって学費を50～90%減免。
詳しくはお問い合わせください。