杏林大学医学部 2011年度 物理 解答速報

物理講評

難易度：難化　**分量**：昨年並　**一次突破ライン**：60 %以上 **正規合格ライン**：70 %以上

今年は難易度が上がったため、解ける問題を確実に解き、点数を獲得できたかが合否の分かれ目になる。確実に得点したいのは、II の干渉の問題と IV の交流の問題である。これらは基本的な問題であり、時間を使わずに解き終えたい。I の (1) は落ち着いて図を描き、計算すれば得点できるだろう。(2) は見慣れない問題であるので、できなくても問題はない。III は問題設定がやや複雑だが、解法は標準的なものばかりなので、出来るだけ得点したい。

I.

ア ③　イ ④　ウ ⑦　エ ③　オ ①　カ ⑦　キ ⑨　ク ⑥

II

ア ③　イ ①　ウ ⑦　エ ③　オ ⑤　カ ⑦　キ ①　ク ⑦

III

ア ③　イ ⑦　ウ ⑦　エ ⑦　オ ⑤　カ ②　キ ⑨　ク ③　ケ ⑤　コ ⓪
サ ②　シ ⑥　ス ⑤

IV

ア ⑤　イ ④　ウ ③　エ ④　オ ①　カ ①　キ ⑥　ク ④　ケ ④　コ ⑥

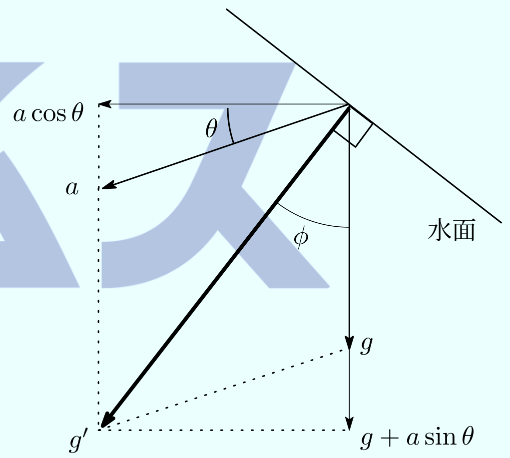
問題解説

I　浮力，バネ，慣性力と出てきて面食らったかもしれない．誘導に乗りたい問題である．アは超簡単．イウは冷静にベクトル図を描いて正解したい．ここが勝負の分かれ目と思われる．エオは見かけの重力を考えないと，煩雑になってしまう．イウは明らかにこの問題のための誘導であり，この発想に気付きたいところ．カキは正答率は案外低いのではないかと思われる．三角形の重心で戸惑ったかもしれないが，数学 B では有名問題である．クは等号が入るかどうかまで聞く，ややナンセンスな問題である．たおれない条件の方はキチンと考えられた受験生は多くないと思われる．

ア　ばねの伸びを x として，つり合いの式を立てれば $kx + rmg = mg$ より $x = \dfrac{(1-r)mg}{k}$

イ，ウ　ケーブルカーと共に動く非慣性系で考える．このとき，みかけの重力加速度 g' を考えると，下

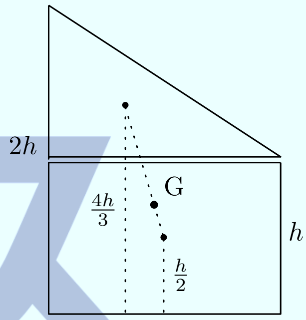
図のようになるので，$\tan\phi = \dfrac{a\cos\theta}{g + a\sin\theta}$，$g' = \sqrt{(g + a\sin\theta)^2 + (a\cos\theta)^2}$ を得る．



※ちなみに，おもり B の単振動の周期は見かけの重力 mg' を用いて，円運動の接線方向の運動方程式 $mL\dfrac{d^2\theta'}{dt^2} = -mg'\sin\theta' \simeq -mg'\theta'$（ただし，微小な振れ角を θ' とし，$\theta' \ll 1$ より $\sin\theta' \simeq \theta'$ の近似を行った．）から求まるのであった．

エ　以下，ケーブルカーと共に動く非慣性系における見かけの重力加速度 g' を用いて考える．ばねの伸びを y_0 とし，浮力は水面に対して垂直方向に働くことに注意してつりあいの式を立てれば $ky_0 + rmg' = mg'$ より $y_0 = \dfrac{(1-r)mg'}{k} = \dfrac{m'g'}{k}$ を得る．また，少し力を加えた場合は，ばねの伸びを y として運動方程式をたてれば $m\dfrac{d^2y}{dt^2} = -k(y - y_0)$ より単振動の周期は $2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$ となる．

オ　容器を横から見た断面を考える．以下のように直角三角形と長方形に分ければ，各々の重心は簡単に分かる．（三角形の重心はベクトルでも習いますよね．）直角三角形と長方形の重さの比は 1:2 なので，全体の重心 G の斜面からの高さは $\dfrac{h}{2} + \dfrac{1}{3}\left(\dfrac{4h}{3} - \dfrac{h}{2}\right) = \dfrac{7h}{9}$ となる．



ク 倒れないための条件を考える．倒れる直前では，静止摩擦力を f，垂直抗力を N とすると $\tan\theta' = \dfrac{N}{f}$ が成り立つ．（今回働く力は垂直抗力，静止摩擦力，重力の 3 つである．力が 3 つの場合はモーメントのつり合いと力のつり合いより，3 つの力の作用線を伸ばしていくと 1 点で交わることを思い出して欲しい．）$f < \mu N$ より $\mu > \dfrac{1}{\tan\theta'}$ を得る．次に滑るための条件を考える．最大静止摩擦力よりも斜面方向の重力の方が大きければ良いので，$mg\sin\theta > \mu mg\cos\theta$ より $\mu < \tan\theta$ を得る．

II　ヤングの干渉実験に関する基本問題であり，なるべく早く解いて完答して欲しい．アイは少しマイナーな経路差の計算方法だが知らなくても困るようなことは無かったと思われる。ウは基本中の基本。エは「変化」した長さを答える問題である．変な聞き方に悪意を感じるが，1/n という答えがないところに善意を感じる。アメとムチか。オではイの結果を利用したいところ。カは基本中の基本。キは少し正答率が落ちそうだが，冷静に x について解いてみればおのずとわかる．クはセンター試験でも聞かれるような基本問題である．

ア，イ ${L_1}^2 = L^2 + \left(x - \dfrac{d}{2}\right)^2, {L_2}^2 = L^2 + \left(x + \dfrac{d}{2}\right)^2$ より，$|{L_1}^2 - {L_2}^2| = 2xd = \dfrac{2xd}{L^2} \times L^2$ となる．よって $|L_1 - L_2| = \dfrac{xd}{L} = \dfrac{xd}{L^2} \times L$

ウ 明線条件 $\dfrac{xd}{L} = m\lambda$ より，明線の位置 $x = \dfrac{mL\lambda}{d}$ であり，明線間隔 $\Delta x = \dfrac{L\lambda}{d}$ を得る．

エ 屈折率 n の透明な物質で満たしたときの明線間隔 $\Delta x' = \dfrac{L\lambda}{nd}$ より $\Delta x - \Delta x' = \dfrac{n-1}{n}\dfrac{L\lambda}{d}$ を得る．

オ，カ 単スリット板と複スリット板の光路差はイと同様に求めることが出来る．光路差の符号に注意して明線条件は $-\dfrac{x'd}{L'} + \dfrac{xd}{L} = m\lambda$ となる．

キ $x = \dfrac{mL\lambda}{d} + \dfrac{Lx'}{L'}$ となるので，上に移動している．($x' > 0$)

ク 回折格子の明線条件は $d\sin\theta = m\lambda$ であり，$|\sin\theta| = \left|\dfrac{m\lambda}{d}\right| < \sin 15^\circ$ を満たす m の数は 7 個．

杏林大学医学部 2011年度 物理 解答速報

III　この問題は問題設定やその説明がやや煩雑で難しく感じたかもしれないが，内容としてはどれも典型問題である．一瞬仕切りは動かない気がしてしまったアナタは悪くない．しかしアの設問で「1」という答えが無いことで動くことに気付いて欲しい．アイは問題設定さえ読み取れれば解けたであろう．ウエオは断熱自由膨張の基本問題である．カキクは基本的だが，ケコサは案外解けない人が多い問題である．解答で用いた関係式は忘れないようにしたい．シスは断熱変化の基本問題である．

ア，イ　変化後の空間 A の圧力 p，体積 V_A とすると，仕切りのつりあいより空間 B の圧力は p で，体積は $2V_0 - V_A$ となる．空間 A,B の状態方程式はそれぞれ $pV_A = n_0 R\alpha T_0$，$p(2V_0 - V_A) = n_0 RT_0$ であり，変化前の状態方程式は $pV_0 = n_0 RT_0$ なので，$p = \dfrac{1+\alpha}{2}p_0, V_A = \dfrac{2\alpha}{1+\alpha}V_0$ を得る．

ウ　気体 X の定積モル比熱を C_V とし，コックを開いて十分経過した後の容器内の温度を T' とする．断熱自由膨張なので，コックを開く前後で全気体の内部エネルギーは変化しないので $n_0 C_V \alpha T_0 + n_0 \beta C_V T_0 = n_0(1+\beta)C_V T'$ より，$T' = \dfrac{\alpha+\beta}{1+\beta}T_0$

エ　混合気体についての状態方程式より，求める圧力 $p' = \dfrac{2n_0 RT'}{2V_0} = \dfrac{\alpha+\beta}{1+\beta}p_0$ となる．

オ　空間 A と空間 B で圧力や温度は等しいので体積比を考えればよく，空間 A 内の気体 A の物質量は $\dfrac{V_A}{2V_0}n_0 = \dfrac{\alpha}{1+\alpha}n_0$ となる．

カ，キ，ク　内部エネルギー $U = \dfrac{5}{2}nRT$ に数値を代入すればよい．

ケ，コ，サ　$\dfrac{1}{2}m\overline{v^2} = \dfrac{3}{2}\dfrac{R}{N_A}T$ を用いて計算すれば良い．（何故か忘れている人が多い公式である．）
※原子間距離の固定された（振動のエネルギーを考えなくて良い）2 原子分子のモル比熱が $\frac{5}{2}R$ になるのは，気体の内部エネルギーに関わるのが 3 自由度分の並進運動エネルギーだけではなく，2 自由度分の回転のエネルギーも加わるためであった．

シ，ス　コックを閉じたとき，空間 B において混合気体の圧力 $\dfrac{1+\alpha}{2}p_0$, 体積 $\dfrac{2}{1+\alpha}V_0$, 温度 $\dfrac{1+\alpha}{2}T_0$, 物質量 $\dfrac{2}{1+\alpha}n_0$ である．Poisson の式より $\dfrac{1+\alpha}{2}p_0\left(\dfrac{2}{1+\alpha}V_0\right)^{\gamma} = p_0{V_1}^{\gamma}$ から求める体積 ${V_1}^{\gamma}$ が求まる．後は十分時間が経過した後の状態方程式 $p_0\left(\dfrac{2}{1+\alpha}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}V_0 = \dfrac{2}{1+\alpha}n_0 RT_1$ から求める温度 $T_!$ が求まる．

IV　交流の基本問題である．RLC 並列交流回路と RLC 直列交流回路は最低限知っていなかればならないが，微積分が使えれば，暗記することもほとんどなく，非常に簡単な問題になる．アイウエオカは交流の初歩的問題，キクケは交流の超典型問題である．コもコイルがなくなっただけなので、むしろ簡単であろう．変に数値で計算して混乱しないようにしてもらいたい．

ア，イ，ウ　A と導線でつながっているコンデンサー極板にたまっている電荷を q とおく．回路方程式は $V=I_RR, V=\dfrac{q}{C}, V-L\dfrac{dI_L}{dt}=0$ で連続の式は $I_C=\dfrac{dq}{dt}$ となる．$V=v\sin\omega t$ とし，交流では積分定数を 0 としてよいことを踏まえれば，$I_R=\dfrac{v}{R}\sin\omega t, I_C=\omega Cv\cos\omega t, I_L=-\dfrac{v}{\omega L}\cos\omega t$ を得る．あとは数値を代入すれば答えが得られる．

エ，オ，カ　抵抗の消費電力は $P=\overline{VI_R}=\dfrac{v^2}{2R}$ である．コンデンサーおよびコイルの消費電力は 0 である．（$2\sin\omega t\cos\omega t=\sin 2\omega t$ と，$\sin 2\omega t$ の時間平均は 0 であることによる．）

キ，ク　$I_C+I_L=\left(\omega_0C-\dfrac{1}{\omega_0L}\right)v\cos\omega_0t=0$ より，$\omega_0=\dfrac{1}{\sqrt{LC}}$ である．このとき，電源を流れるのは I_R だけであり，電流の実効値は $I_e=\dfrac{v}{\sqrt{2}R}$

ケ　$I=I_R+I_C+I_L=\dfrac{v}{R}\sin\omega t+\left(\omega C-\dfrac{1}{\omega L}\right)v\cos\omega t=v\sqrt{\dfrac{1}{R^2}+\left(\omega C-\dfrac{1}{\omega L}\right)^2}\sin(\omega t+\alpha)$ より ω 大きくしても小さくしても I は大きくなることが分かる．

コ　$I=I_R+I_C=\dfrac{v}{R}\sin\omega t+\omega Cv\cos\omega t=v\sqrt{\dfrac{1}{R^2}+(\omega C)^2}\sin(\omega t+\beta)$ より実効値は $\dfrac{v}{\sqrt{2}}\sqrt{\dfrac{1}{R^2}+(\omega C)^2}$ となる．