

H29 年度 (2017 年度) センター試験 物理基礎 解説

170309

		分野	問題概要	
第 1 問 各分野 から		問 1 エネルギー	水力発電、火力発電、原子力発電の特徴と比較	
		問 2 弾性エネルギー	ばね定数を求め、蓄積される弾性エネルギーを計算する	
		問 3 磁場の方向	直線電流が形成する磁場と方位磁針の向きを求める	
		問 4 定常波	定常波の変位波形から 3/4 周期後の腹の変位を求める	
		問 5 温度と熱	水の温度と加熱量のグラフから状態変化や比熱を考察する	
第 2 問 波 電気	A	問 1 音の定常波	弦の基本振動数と弦の長さから波の速さを求める	
		問 2 同上	弦の音とおんさの音のうなりからおんさの振動数を求める	
	B	問 3 抵抗と電流	抵抗から発生するジュール熱の単位を明らかにする	
		問 4 抵抗回路	複数の抵抗を接続した回路を流れる電流を求める	
第 3 問 力 運動	A	問 1 斜面でのつり合い	斜面上の物体を静止させる物体を押す力を求める	
		問 2 斜面上での運動	摩擦のない斜面上で物体を滑り上げたときの速さを求める	
	B	問 3 等加速度運動	糸でつないだ物体が等加速度運動するときの張力を求める	
		問 4 運動エネルギー	同上で二つの物体の運動エネルギーの比を求める	

合計 13 問

< 総評 >

理科 の (物理基礎、化学基礎、生物基礎、地学基礎) の 4 科目の中から 2 科目を選択して解答する。1 科目受験は認められない。

したがって、各科目実質 30 分以内で解答することが求められる。13 問だから、1 問 2 分以内の解答がめやすである。試験形式や内容は昨年度とほぼ同じである。

科目名通り、基礎的な問題であり、ことさら難しいものではない。教科書をよく読んで練習問題によって理解を確認しておけば対応できる。とはいえ思考を重ね、きちんと計算しなければならない問題は、時間を要する。直観的な判断で解答できるものは、そのようにして、時間の余裕をつくり出したい。

やや時間がかかりそうな問題は、

第 1 問 問 2、問 4

第 2 問 問 2、問 3、

第 3 問 問 2、問 3

一方、時間余裕をつくり出したい問題は、

第 1 問 問 1

第 2 問 問 1、問 4

第 3 問 問 4

		分野	問題概要	難易
第1問 各分野 (必答)		問1 小球の衝突	衝突前の速さ既知で、衝突後の速さを求める	C
		問2 力のモーメント	棒に働く力のモーメントのつり合い	B
		問3 電気力線	逆の電気量をもつ2つの点電荷がつくる電気力線	C
		問4 レンズ	レンズによる像、物体の位置と像の位置の関係	C
		問5 音	音速と温度、地表と上空の音速の違い	B
第2問 電磁気 (必答)	A	問1 コンデンサー特性	間隙が空のときの極板間の電位変化	C
			間隙に金属板があるときの極板間の電位変化	B
		問2 同上	同上でコンデンサーに蓄えられるエネルギーの比	B
	B	問3 電磁誘導	コイルを貫く磁束変化による誘導電流の変化	C
問4 同上		同上でダイオード回路でのコイル両端の電圧	A	
第3問 波動 (必答)	A	問1 光波の干渉	上から見たくさび形空気層の干渉縞の間隔	B
		問2 同上	同上で下から見た干渉縞、空気層の代わりに液体	A
	B	問3 状態変化	理想気体の内部エネルギー	B
		問4 同上で定積変化	定積変化による温度変化	C
		問5 同上で定圧変化	定圧変化における気体が放出するエネルギー	B
第4問 力学 (必答)	A	問1 円錐面内の運動	円錐斜面の小物体の重力下での下降	B
		問2 同上	円錐斜面上での小物体の円運動	A
		問3 同上	同上で小物体のらせん下降運動	B
	B	問4 エレベータ内運動	エレベータ下降時の滑車両側の物体の糸の張力	B
		問5 同上	エレベータ上昇時の滑車両側の物体とばねの伸び	A
第5問 音波 (選択)		問1 ドップラー効果	観測者が音源に向かって動いているとき聞く振動数	B
		問2 同上	音源が観測者に向かって動いているとき向かう波長	B
		問3 同上	反射板から聞く音の振動数から、反射板の速さ決定	A
第6問 原子 (選択)		問1 放射線、原子核	5つの記述から正しいものを選択	B
		問2 結合エネルギー	原子核の結合エネルギーの表式	B
		問3 核融合反応	太陽における水素核融合のエネルギー放出	B

合計 23 問 A : 5(4)問 B : 12(13)問 C : 6 問 難易度 : A 高, B 中, C 低 ()は第6問  
< 総評 >

去年に比べ問題構成はほぼ同じで、設問数は3問増えた。

計算や思考を要する問題も混じっているなので、設問を平均 2.5 分ほどで解答することは、なかなか厳しい。とはいえ難問奇問ではないので、慌てたり焦ったりしないことだ。教科書を熟読し練習問題を解いて、物理の基本的な知識と考え方をしっかり身に付けておこう。問題文や図、グラフ等を的確に迅速に理解することも大事だ。やはり日ごろの勉強の質と量が問われる。

計算するまでもなく、直観や考察で解答できる問題は、そのようにして時間を費やさないようにしましょう。

理科 (物理基礎, 化学基礎, 生物基礎, 地学基礎) 2科目選択, 60分, 各科目50点  
物理基礎 (解答番号 1 ~ 13)

第1問 次の問い(問1~5)に答えよ。(配点 20)

問1 ③ 難易度C

水力発電, 火力発電, 原子力発電の特徴を問う問題。(a)で発電の過程で温室ガスが大量に発生するのは火力発電。(b)で水力発電はダムに貯まった水を放流落下させることによる重力の位置エネルギーを利用するので, 熱エネルギーを経ないで変換される。(c)で長時間にわたる管理が必要な放射性廃棄物が生じるのが原子力発電である。一読して, 判断できるようにしたい。

問2 ② 難易度B

ばねの弾性エネルギーは  $\frac{1}{2}kx^2$ ,  $F = kx$ だから, ばね定数  $k = \frac{F}{x} = \frac{10}{0.1} = 100$ ,

したがって  $x = 0.20$  m のときのばねに蓄えられた弾性エネルギーは  $\frac{1}{2} \times 100 \times (0.2)^2 = 2.0$  J

問3 ① 難易度B

電流が紙面に垂直に表から裏に向かって流れるので, 電流を中心とした同心円状に時計回りの方向の磁場が形成される。したがって, 方位磁針の方向はN極が時計回りに向く方向となる。

問4 ④ 難易度B

振動の周期が0.4 sだから, 0.3 s 後は  $\frac{3}{4}$  周期後ということである。位置O における変位は  $\frac{1}{4}$  周期ごとに,  $-15$  cm  $\rightarrow$  0 cm  $\rightarrow$  15 cm  $\rightarrow$   $\frac{3}{4}$  周期後の変位  $\rightarrow -15$  cm と変化する。

したがって変位は 0 cm, 計算によれば  $\frac{3}{4}$  周期後の変位は  $-15 \cos\left(\frac{3}{4} \times 2\pi\right) = 0$  cm。

問5 ① 難易度B

区間Aでは水分子間の結びつきが弱くなって, 氷が融け始めている。加えられた熱量は水分子の結びつきを弱めて, 氷を融かすことに使われるので, 温度は上昇しない。区間Bでは水が気化することに, すなわち水分子の結びつきを切ることに熱量が使われる。

グラフの傾きが小さいことは, 加えた熱量に対する温度上昇が小さいということ, 逆にいえば, 温度を上げるための熱量が大きいということだから, 比熱が大きいことを意味する。以上によって, Aは分子間の結びつき, Iは大きい, だから両者を満足するのは①

コメント:

問4で時間の経過ごとに定常波の腹の変位がどのように変化するかを考えること。ここでは,  $\frac{1}{4}$  周期ごとの変化を考えればよい。

第2問 次の文章(A・B)を読み, 下の問い(問1~4)に答えよ。(配点 15)

A

問1 ④ 難易度B

弦の両端が節で中心が腹の定常波が基本振動数の波である。したがって波長は  $0.45 \times 2 = 0.9$  m

だから、弦を伝わる波の速さは  $v = 360 \times 0.9 = 324 \text{ m/s}$ 。腹が二つの定常波の波長は弦の長さと同じ  $0.45 \text{ m}$  だから、振動数は  $f = 324 / 0.45 = 720 \text{ Hz}$ 。

問2 ⑤ 難易度 C

「4秒間に8回のうなり」ということは、「1秒間に2回のうなり」だから、おんさの振動数は弦楽器の音の振動数と  $2 \text{ Hz}$  異なる。弦の音を高くすることによりうなりが消えたのだから、おんさの振動数の方が高い。したがっておんさの振動数は  $360 + 2 = 362 \text{ Hz}$ 。

B

問3 ⑥ 難易度 A

抵抗値  $R$  の抵抗に大きさ  $I$  の電流を流すと、単位時間当たりには発生するジュール熱は  $RI^2$  だから、 $t$  の時間に発生するジュール熱は  $RI^2t$  であることは即答できなければならない。

その単位であるジュール (J) は仕事と同じ単位であるから、(力  $\times$  移動距離) の単位である。力 = (質量  $\times$  加速度) だから、単位は  $\text{kg} \times \text{m/s}^2$ 、したがって J は基本単位を用いて、 $\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$ 。

問4 ⑦ 難易度 C

図1(a)では、2つの抵抗が直列接続されているので、合成抵抗値は  $40 \Omega$ 。  $I_1 = \frac{10}{40} = 0.25 \text{ A}$ 。

(b)では、 $30 \Omega$  と  $10 \Omega$  の抵抗の間の点が電源の負側に短絡しているので、 $10 \Omega$  の抵抗には電流は流れず、短絡線にすべての電流が流れる。したがって、 $I_2 = \frac{10}{30} = 0.33 \text{ A}$ 。

コメント：

問3では、Jの単位を暗記していれば良いが、そうもいかないだろう。その場合は熱量は仕事、仕事は(力  $\times$  移動距離) と思い出そう。

第3問 次の文章 (A・B) を読み、下の問い (問1～4) に答えよ。(配点 15)

A

問1 ③ 難易度 C

小物体に働く重力の斜面下方成分は  $mg \sin \theta$ 、 $F$  の斜面上方成分は  $F \cos \theta$

これらが等しいとき、力が釣り合って小物体は静止する。したがって、 $F \cos \theta = mg \sin \theta$

$$\therefore F = mg \tan \theta$$

問2 ⑧ 難易度 B

点Qは点Pより鉛直方向に  $L \sin \theta$  だけ高い位置にある。エネルギー保存の法則により、

(点Pにおける運動エネルギー) = (点Qにおける運動エネルギー)

+ (点Qと点Pの高さの差による重力の位置エネルギーの増加)

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = \frac{1}{2} m v^2 + mg L \sin \theta, \therefore v = \sqrt{v_0^2 - 2g L \sin \theta}$$

B

問3 ① 難易度 A

糸の張力を  $T$ 、全体として等加速度運動をする加速度を  $a$  とすれば、

物体Aの運動方程式は  $Ma = F - T$ 、物体Bの運動方程式は  $ma = T$

$$\text{両式から } a \text{ を消去して、} T = \frac{m}{M+m} F$$

問4 ③ 難易度B

物体A, Bは同じ速さで運動している。その速さを $v$ として,

$$\text{物体Aの運動エネルギー } E_A = \frac{1}{2} Mv^2, \text{ 物体Bの運動エネルギー } E_B = \frac{1}{2} mv^2$$

したがって,  $\frac{E_A}{E_B} = \frac{M}{m}$ 。ここでは, 数式を書いたが, 運動エネルギーは質量に比例するので, 等速なら, 運動エネルギーは質量の比になることを, 計算するまでもなく, 一読して答えたい。

コメント:

問3で物体Aには水平左方向に力 $F$ , 右方向に張力 $T$ が働いているとして, 運動方程式を考える。

問4では, 運動エネルギーは質量に比例することを覚えておこう。

理科 (物理, 化学, 生物, 地学) 1科目受験では60分, 100点

物理 (注) この科目には, 選択問題があります。(3ページ参照。)

60分, 100点

第1問 (必答問題)

問1 ③ 難易度C

衝突前の運動量は  $4.0 \times 3.0 - 2.0 \times 1.0$

衝突後の運動量は  $4.0 \times 1.0 + 2.0v$ , ただし $v$ は衝突後の小球Bの速さ

衝突前後の運動量保存の法則により,  $4.0 \times 3.0 - 2.0 \times 1.0 = 4.0 \times 1.0 + 2.0v$ ,  $\therefore v = 3.0 \text{ m/s}$

問2 ② 難易度B

P点における棒に働く力のモーメントは  $Mg \cos \theta \times 2s$ , ただし $2s$ はAPの長さ,  $\theta$ は棒と床の角度

B点に働く力のモーメントは  $T \sin \theta \times 3s$

棒が静止しているので, 両モーメントは等しいとして,

$$2Mg \cos \theta = 3T \sin \theta, \therefore T = \frac{2Mg}{3} \frac{1}{\tan \theta} = \frac{2l}{3h} Mg$$

問3 ⑥ 難易度C

符号が逆の点電荷だから, 一方から他方へ電気力線が出て入る。これを満たすのは④⑥だが, 電気力線は④のように折れ曲がることはない。

問4 ⑤ 難易度C

焦点の外側に置いた物体の像はレンズの後方に倒立した実像となる。このことは, 当然に理解し, 即答できねばならない。物体を光軸上でレンズから遠ざけると, 実像ができる位置はレンズ後方の焦点後方から焦点に近づくので, レンズに近づく。このようなレンズの結像の性質を理解していなければならない。

問5 ⑤ 難易度B

音速と空気の温度の関係を知らなければならぬ。空気の温度が上昇すると, 音速は速くなる。音速と温度の関係は, 1気圧,  $t^\circ\text{C}$ の空気中の音の速さは  $V = 331.5 + 0.6t$  と物理基礎の教科書に記載されている。したがって, 上空よりも地表付近の気温が低いと, 地表付近の音速の方が遅く, 音が上空から回り込んで来るので, 地表から発した音が遠くの地表に届きやすくなる。

コメント：

各分野における基礎知識を理解していれば、特段難しいことはないだろう。問1は運動量の保存の法則，問2は力のモーメントのつり合い，問3は正負電荷間に発生する電気力線，問4はレンズの結像の基本的性質，問5は音速と空気温度の関係が基礎知識となっている。

## 第2問（必答問題）

次の文章（A・B）を読み，下の問い（問1～4）に答えよ。

[解答番号 ① ~ ⑤]（配点 20）

A

問1 ① 難易度C ③ 難易度B

迅速に答えるために，ここでは数式によらず，物理的考察によって適当なグラフを求めよう。

問題図1(a)では，中心線上の電位は0から $V_0$ まで直線的に上昇する。したがって適当なグラフは①。

図1(b)では，間隔 $d$ のコンデンサーが2つ直列接続されたものと見なせる。一方の電位は0から $\frac{V_0}{2}$ まで直線的に上昇し，もう一方は $\frac{V_0}{2}$ から $V_0$ まで直線的に増大する。適当なグラフは③。

数式を示すと図1(a)では中心線上の電位は $V = \frac{x}{3d} V_0$ 。

図1(b)では， $0 \leq x \leq d$ では $V = \frac{x}{d} \frac{V_0}{2}$ ， $d \leq x \leq 2d$ では $V = \frac{V_0}{2}$ ， $2d \leq x \leq 3d$ では $V = \frac{x}{d} \frac{V_0}{2} - \frac{V_0}{2}$

問2 ⑤ 難易度B

図1(a)のコンデンサーに蓄えられたエネルギー $U_a = \frac{1}{2} C V_0^2$ ，ただし $C$ はコンデンサーの容量。

図1(b)では容量が $3C$ のコンデンサーが2つ直列接続しているので，合成容量は $\frac{1}{C_s} = \frac{1}{3C} + \frac{1}{3C}$

から， $C_s = \frac{3}{2} C$ ，印加電圧は同じだから， $\frac{U_b}{U_a} = \frac{3}{2}$ 。

ここでは，コンデンサーに蓄えられるエネルギーは容量に比例することを活用しよう。

B

問3 ③ 難易度C

コイルにかかる磁場が変化すると起電力が発生して，電流が流れる。したがって $0 \leq t < T$ では電流が流れる， $T \leq t < 2T$ では流れない， $2T \leq t \leq 3T$ では流れる。

問4 ⑤ 難易度A

ダイオードに電流が流れるときは，磁場を負方向につくる。ということは，コイルへの印加磁場は，正方向に変化しているということである。なぜなら，コイルに流れる電流は磁場の変化を妨げるように流れるから。したがって， $0 \leq t < T$ のときに抵抗器に電流が流れ，コイルの両端の電圧

の大きさは，磁束変化 $\frac{2B_0}{T} \times S$ にコイルの巻き数 $N$ を乗じた $\frac{2B_0 S N}{T}$ である。

コメント：

A図1(b)ではコンデンサーの直列接続として扱えることを理解しよう。そして計算によらず，物理

的考察によって、適切なグラフを選択しよう。B問4では抵抗に電流が流れるときは、磁場が増大するときか、それとも減少するときか、いずれかの考察が重要である。電流は磁場の変化を妨げるように流れるという物理知識の活用が問われる。

### 第3問 (必答問題)

次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ① ~ ⑤] (配点 20)

A

問1 ② 難易度B

Oからの距離 $l$ におけるガラス板A, Bのすきまは $\delta(l) = \frac{a}{L}l$

明線は光路長差 $2\delta(l) = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$ のときにできる。ただし $m$ は整数

間隔 $d$ の隣の整数 $(m+1)$ の明線は $2\delta(l+d) = \left(m+1 + \frac{1}{2}\right)\lambda$ を満たす。

$$2\delta(l+d) - 2\delta(l) = \frac{2a}{L}d = \lambda, \therefore d = \frac{L\lambda}{2a}$$

問2 ⑥ 難易度A

2回反射した光は、屈折率の大きい媒質(ここではガラス)で2回反射する。したがって、位相は元に戻る。問1ではガラス板Bでの1回の反射だから、位相は反転している。したがって、真上から見たとき明線があった位置には、真下から見たとき暗線が見える。

また、すきまが屈折率 $n$ の液体で満たされると、すきまの間隔は $n$ 倍になったことと等しいので、問1で $a$ を $na$ として考えると、 $d$ は $\frac{d}{n}$ になる。つまり明線の間隔は小さくなる。

コメント:

教科書に掲載されているくさび型空気層による干渉の問題。問1で空気層からガラス面で反射した光は位相が反転するので、光路長差が(波長の整数倍+半波長)の位置に明線が見える。

問2で、真上から見た場合、一方の光は空気層からガラスに1回反射する。真下から見た場合、一方の光は空気層からガラスに2回反射することに注意する。また、屈折率 $n$ の媒質では光速が $c/n$ ( $c$ は真空中の光速)と小さくなり、波長がそれだけ短くなるので、光路長が $n$ 倍になる。

B

問3 ③ 難易度B

温度 $T_0$ の気体1モルの単原子分子の理想気体の内部エネルギーは $\frac{3}{2}RT_0$ である。物質 $n$ とは $n$

モルのことだから、状態Aにおける気体の内部エネルギーは $\frac{3}{2}nRT_0$

問4 ④ 難易度C

A → Bの定積変化で圧力が2倍になったのだから、ボイル・シャルルの法則により、状態Bの温度は $2T_0$ と2倍になる。

問5 ⑥ 難易度 B

熱力学の第1法則により，気体の内部エネルギーの変化は  $\Delta U = Q + W$ ，したがって吸収する熱量  $Q = \Delta U - W$ ，ここで  $W$  は気体が外部からされた仕事である。

$$Q = \Delta U - W = \frac{3}{2}nR(T_0 - 2T_0) - p_0V_0 = -\frac{3}{2}nRT_0 - nRT_0 = -\frac{5}{2}nRT_0, \quad - \text{は放出を意味する。}$$

コメント：

$Vp$  図から気体の状態変化を読み取らなければならない。熱力学第1法則をしっかりと理解しておくこと。気体がされる仕事の値は直線ACと体積軸とが囲む面積である。

第4問 (必答問題)

次の文章 (A・B) を読み，下の問い (問1～5) に答えよ。

[解答番号 ① ~ ④] (配点 20)

A

問1 ⑦ 難易度 B

重力の加速度の円錐面下方への成分は  $a = g \cos \theta$

静かに放したということは初速度は 0，この加速度で距離  $l$  を移動する時間は

$$t = \sqrt{\frac{2l}{a}} = \sqrt{\frac{2l}{g \cos \theta}}$$

問2 ⑧ 難易度 A

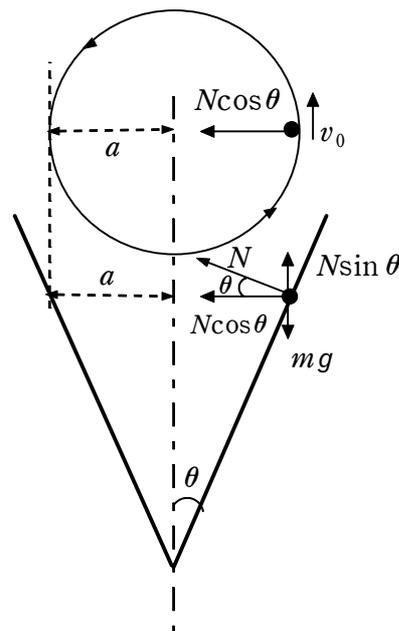
円錐斜面から小物体に働く垂直抗力を  $N$  とすれば，小物体の円運動の向心力は  $N \cos \theta$

したがって，小物体の円運動の方程式は  $\frac{mv_0^2}{a} = N \cos \theta$

小物体は円錐斜面上の同じ高さに止まっているので，円錐斜面に沿う上下方向の力はつり合っている。斜面下方の力は  $mg \cos \theta$ ，上方の力は  $N \sin \theta \cos \theta$ ，これらを等しいとして

$$mg \cos \theta = N \sin \theta \cos \theta, \quad \therefore mg = N \sin \theta$$

$$\therefore \text{から } a = \frac{v_0^2 \tan \theta}{g}$$



問3 ④ 難易度 B

A点における力学的エネルギーは、運動エネルギーと重力の位置エネルギーだから

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + mgl_1 \cos \theta$$

B点における速さを $v_2$ として力学的エネルギーは $\frac{1}{2}mv_2^2 + mgl_2 \cos \theta$

エネルギー保存の法則により両者は等しいので、 $\frac{1}{2}mv_1^2 + mgl_1 \cos \theta = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgl_2 \cos \theta$

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2g(l_1 - l_2) \cos \theta}$$

コメント：

問2では小物体は円運動をしているのだから、円運動の方程式が成立している。向心力の元になっているのは、円錐斜面からの垂直抗力である。加えて小物体には重力が働いているのに、円錐斜面に沿って下降することはない。したがって、円錐斜面方向の力のつり合いを考える必要がある。この2つを考慮することによって、円運動の半径 $a$ を求める。

B

問4 ⑥ 難易度 B

物体の運動の加速度を $a$ とすれば、それぞれの物体の運動方程式は

$$Ma = Mg - T, \quad ma = T - mg, \quad \text{これらより } a \text{ を消去して, } T = \frac{2Mm}{M+m}g$$

問5 ② 難易度 A

物体の運動方程式は $Ma = kx - Mg$ ,  $\therefore x = \frac{M(g+a)}{k}$

コメント：

問4では、両物体とも同じ加速度で運動していることに注意する。問5では、エレベータの外にいる観測者から見たとき、物体は加速度 $a$ で上方に運動している。物体には上方にばねの弾性力、下方に重力が働いている。エレベータの中にいる観測者から見たとき、物体は静止し、慣性力 $Ma$ が下方に働いている。したがって力のつり合いの式から $Mg + Ma = kx$ と同じ結果を得る。

第5問・第6問は、いずれか1問を選択し、解答しなさい。

第5問 (選択問題)

次の文章を読み、下の問い(問1～3)に答えよ。

[解答番号 ① ~ ③] (配点 15)

問1 ⑧ 難易度 B

静止している振動数 $f_1$ の音源に向かって、観測者が速さ $v$ で移動していると、観測者に聞こえる音の振動数はドップラー効果によって ア 大きくなり、

音源から観測者へ向かう音波の波長は イ  $= \frac{V}{f_1}$  である。

問2 ② 難易度 B

静止している観測者に向かって、振動数 $f_2$ の音源が速さ $v$ で移動していると、音源から観測者に向

かう音波の振動数はドップラー効果によって、 $f_2' = \frac{V}{V-v} f_2$  となる。したがって、音源から観測者に向かう音波の波長  $\lambda = \text{㉒} = \lambda_2' = \frac{V}{f_2'} = \frac{V-v}{f_2} = \text{㉓}$  である。

問3 ① 難易度 A

静止している音源に速さ  $v$  で移動する反射板が受ける音波の振動数  $f_1'$  は、ドップラー効果により

$$f_1' = \frac{V - (-v)}{V} f_1 = \frac{V + v}{V} f_1$$

次に速さ  $v$  で観測者に向かう反射板から振動数  $f_1'$  の音波が発射されて観測者に聞こえる。

したがってドップラー効果によって、観測者に聞こえる音の振動数は  $f_3 = \frac{V}{V-v} f_1'$  。

$$, \quad \text{から } f_1' \text{ を消去して } v = \frac{f_3 - f_1}{f_3 + f_1} V = \text{㉔}$$

コメント：

音波や光波等の波動の分野ではドップラー効果に関係する問題はよく出される。昨年度も出題されている。移動するのが音源か観測者か、移動する方向が音波の進む方向と同じかどうか、求めるものが振動数か波長か、などによって様々な変形問題がありえる。

個々に対応して覚えることでは、負担が大きく、誤り易い。次の2つを理解して、問題に応じて考え適切な計算を行おう。

1) 音源から振動数  $f$ 、音速  $V$  の音波が発射されるとして、音源が速さ  $v_s$ 、観測者が速さ  $u_o$  で移動する

とき、観測者に聞こえる音の振動数は  $f' = \frac{V - u_o}{V - v_s} f$  (\*), ただし  $v_s, u_o$  ともに  $V$  と同じ向きとする。向きが逆のときは、 $u_o, v_s$  を  $(-u_o), (-v_s)$  として扱う。

2) ドップラー効果は観測者に聞こえる音波の特性の変化なので、振動数と波長の変化である。

伝搬する音波の音速  $V$  は変化しない。したがってドップラー効果があっても、 $f\lambda = f'\lambda' = V$  は変わらない。

問1では、観測者が音源に向かって動いているときに聞こえる音の振動数が静止している音源の振動数  $f_1$  と比較して、どうなるかを問う。観測者が音源に近づくときは同一時間内に多数の音波の山を受け取るので、聞こえる音の振動数は  $f_1$  よりも大きくなる、と直観的に理解しておこう。

(\*) で  $u_o = (-v)$  とすれば  $f_1$  よりも大きくなるのがわかるが、数式を持ち出すようでは、時間のロスである。

次に、音源から観測者へ向かう音波の波長を問う。ドップラー効果が出てきて、振動数が大きくなる、ということから波長が短くなるとして波長の計算をしようかと考えてしまう。ところが、問題文を改めて読むと、「音源から観測者へ向かう音波の波長」を問うている。音源は静止しているのだから、音源を出たときの音波の波長は、ドップラー効果とは関係ない。ひっかけを意識したかどうか、出題者の意図はわからないが、私はひっかかって「観測者に聞こえる音波の波長」を計算してしまった。問題文を短時間に的確に読み理解する（決して慌てない）、ことの重要さを痛感した。

問2では音源が静止している観測者に向かって動いているときに、音源から観測者に向かう音波の波長を問うている。1), 2) を利用すれば容易に計算できる。

問3では音波が動いている反射板に反射して観測者に向かう。そのときに観測者が聞いた音の振動

数 $f_3$ と音源の振動数 $f_1$ から反射板の速さ $v$ を求める。反射板が果たす作用を理解しなければならない。

反射板は音源に向かって移動しているので、ドップラー効果により反射板は音源の振動数 $f_1$ の音波を振動数 $f_1'$ の音波として受ける。続いて反射板は反射によってその振動数 $f_1'$ の音波を観測者に向かって移動しながら発射する。したがって、ドップラー効果により観測者は振動数 $f_1'$ の音波を振動数 $f_3$ の音波として聞く。2重にドップラー効果が作用することに注意する。

野球のスピードガンはこのようなドップラー効果を利用して、球速を測定する。

## 第6問 (選択問題)

放射線と原子核反応に関する次の問い(問1～3)に答えよ。

[解答番号 ① ~ ③] (配点 15)

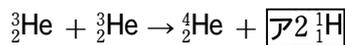
問1 ⑤ 難易度 B

- ①  $\alpha$ 線(Heの原子核),  $\beta$ 線(電子の流れ),  $\gamma$ 線(波長の短い電磁波)いずれも高いエネルギーをもち、原子をイオンにするはたらき(電離作用)をもつ。その強さは $\alpha$ 線,  $\beta$ 線,  $\gamma$ 線の順番である。×
- ②  $\alpha$ 線と $\beta$ 線は電荷をもつので、磁場中では直進しない。電磁波である $\gamma$ 線のみ直進する。×
- ③  $\beta$ 崩壊では中性子が陽子と電子に崩壊して電子を放出するので、原子番号が1つ増える。×
- ④ 自然界にはトリウムやラジウムなどの放射線を出す元素が存在する。×
- ⑤

問2 ④ 難易度 B

陽子の数は原子番号 $Z$ だから、その全質量は $Zm_p$ 、中性子の数は $(A-Z)$ だから、その全質量は $(A-Z)m_n$ 、したがって $\Delta E = \{ Zm_p + (A-Z)m_n - M \} c^2$

問3 ③ 難易度 B



ヘリウム原子 ${}^4_2\text{He}$ の同位体 ${}^3_2\text{He}$ が結合し、ヘリウム原子 ${}^4_2\text{He}$ と1個と2個の水素原子となる。

${}^3_2\text{He}$  2個の結合エネルギーは $7.7 \times 2 \text{ MeV}$ 、 ${}^4_2\text{He}$ の結合エネルギーは $28.3 \text{ MeV}$ だから、結合エネルギーが増加した分、質量が欠損する。したがって、この反応でエネルギーが放出される。

コメント:

原子に関する基本的な問題。教科書をしっかり読んで、理解しておきたい。計算式を追う必要がないので、扱い易いのではないか。問1では原発問題のニュース等で盛んにシーベルトによって人体に影響を与える放射線量が評価されていることを覚えておきたい。

170328