

H31 年度 (2019 年度) センター試験 物理基礎 解説

200416

		分野	問題概要	
第1問 各分野 から		問1 力とつりあい	ばねの力と重力のつりあい	
		問2 面の上の運動	なめらかな面とあらい面での運動の速度	
		問3 電磁波の周波数	電磁波の種類と周波数の関係	
		問4 原子と放射線	原子と放射線に関する記述として最も適当なものを選択	
		問5 電力による加熱	水を加熱して温度上昇させるために必要なヒーターの電力	
第2問 波 電気	A	問1 気柱の定常波	両端開管と片端閉管の定常波	
		問2 気柱の定常波	ヘリウムガス中の気柱の定常波	
	B	問3 抵抗回路の電流	並列接続された抵抗回路に流れる電流	
		問4 長さと面積と抵抗	抵抗の長さや断面積と抵抗値の大きさの関係	
第3問 力 運動	A	問1 加速運動	電池駆動機関車による客車の定加速度運動	
		問2 加速運動	定加速度運動による運動エネルギーの増加	
	B	問3 斜面と運動	すべり台の斜面からの垂直抗力	
		問4 斜面と運動	すべり台をすべり落ちるときにする仕事	

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 (各科目 50 点)。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。ただし文章が長く、図も多いので、読みながら題意を的確に把握したい。読み終わったとき、概ね解答が思い描けるようでありたい。

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2問 問1

第3問 問1

一方、時間余裕をつくり出したい問題は、

第1問 問1、問2、問3

第2問 問4

第3問 問3、問4

特に第3問の問1は運動方程式を立てないと、答えが出ない。

		分野	問題概要	難易
第 1 問 各分野 (必答)		問 1 運動	運動エネルギーと運動量についての適な記述の選択	C
		問 2 電荷と電場	二つの電荷がつくる電場の合成	B
		問 3 レンズの結像	凸レンズによる結像、焦点距離と像の見え方	B
		問 4 理想気体の体積	外気圧とピストン重力に閉じ込められた気体の体積	B
		問 5 ばねの単振動	ばねのおもりの重力の程度による単振動の周期の相異	B
第 2 問 電磁気 (必答)	A	問 1 ダイオード	半導体ダイオードを流れる正孔と電子	C
	半導体	問 2 ダイオード回路	ダイオード回路に交流電圧を印加したときの電流波形	B
		問 3 導体棒と磁場	導体棒に電流が流れるときのローレンツ力	B
	B	問 4 導体棒と磁場	導体棒が磁場中のレール上を定速で滑るときの速さ	A
第 3 問 光波 音波 (必答)	A	問 1 光路と屈折率	空気中と媒質中の光路から屈折率を求める	B
		光の干渉	干渉により光が強め合う経路の条件	B
	反射	問 2 光の屈折	透明な板を通る光の進路	C
		光の屈折	透明な板を通して見える物体	C
	B	問 3 振動する音源	振動する音源の位置を表す式	B
		音波	問 4 ドップラー効果	振動する音源からの音波のドップラー効果
第 4 問 力と 運動 (必答)	A	問 1 減速中の電車	減速中の電車の中で静止している単振り子の方向	B
		問 2 減速中の電車	減速中の電車内でボールを落としたときの運動	B
	B	問 3 運動エネルギー	振り子の運動エネルギーの変化	B
		問 4 糸の張力	振り子が円運動しているときの糸の張力	A
第 5 問 気体 (選択)	状態変化	問 1 熱の吸収	状態変化と熱の吸収および内部エネルギーの増加	C
		問 2 状態変化と仕事	状態変化のグラフから気体がした仕事を求める	B
		問 3 温度圧力グラフ	気体の状態変化の体積圧力グラフから温度圧力グラフ	A
第 6 問 原子 (選択)	X 線発生	問 1 X 線の振動数	電子のエネルギーと発生する X 線の振動数の関係	C
		問 2 特性 X 線	特性 X 線の発生理由とそのエネルギー	B
		問 3 X 線スペクトル	X 線の波長特性と陽極材料と加速電圧の関係	A

合計 22 問 A : 4 問 B : 14 問 C : 4 問 難易度 : A 高, B 中, C 低

< 総評 >

設問の質量は例年と同様と思われる。かなり難しい問題はないが誤り易い問題が含まれる。

本質を理解していれば、すみやかに解答できる。センター試験はどうしても時間との競争になってしまう。設問を平均 2 分強で解答することになる。長文を迅速に読み、同時に題意等を理解し解法を考える訓練を日ごろからしておこう。

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。図、グラフ等を的確に迅速に理解することが大事だ。計算するまでもなく、物理的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よう。

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 ~ 14)

第1問 次の問い(問1~5)に答えよ。(配点 20)

問1 ② 難易度C

ばねの弾性力 kx と重力 mg とがつりあったのだから, $kx = mg$, $\therefore x = \frac{mg}{k}$

問2 ② 難易度C

$t < 0$ で等速運動, $0 \leq t \leq t_B$ で等減速運動, $t_B < t$ で等速運動だから, 該当する速度 v のグラフは②

問3 ③ 難易度C

電磁波は周波数(振動数)の 低い 方から順に, 電波, イ 赤外線, 可視光線, ウ 紫外線, X線, γ 線に大きく分類される。

問4 ③ 難易度B

原子と放射線に関する記述として最も適当なものを, 次の①~⑤のうちから一つ選べ。

- ① 原子の種類は原子核内に存在する陽子の数によって決まるので, 誤り。
- ② 放射線の透過力や電離作用は, 放射線のもつエネルギーによって異なるので, 誤り。
- ③ 食物や空気および大地や宇宙から微量に放射される放射線を私たちは日常生活で浴びている。
- ④ X線は電磁波の1種で横波であり, 縦波ではない。
- ⑤ 核分裂の連鎖反応を継続するよう原子炉を制御するのが原子力発電, 瞬間的に核分裂させるのが原子爆弾である。

③の判断を誤りやすいように思う。自然界には微量な放射性物質が存在しているので, 「食物や空気」から放射線が微量に放射され, 私たちは日常生活で浴びる。健康上全く問題がないほどに微量である。

問5 ④ 難易度B

15℃の水500gを95℃まで加熱するのに必要な熱量は $500 \times (95 - 15) \times 4.2$ J。

消費電力が 1.4×10^3 Wのヒーターは, 単位時間当たり 1.4×10^3 J/sの熱量を発生するから, 加熱に必要な時間は, $500 \times (95 - 15) \times 4.2 / (1.4 \times 10^3) = 1.2 \times 10^2$ s

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

気柱の共鳴について考える。ただし, 空気中の音速を340 m/sとし, ガラス管の開口端補正は無視できるものとする。

問1 ② 難易度A

周波数を0から上げていったとき最初の共鳴は閉管Bで生じた。このとき音波の波長は次第に短くなる。最初に長さが50 cm = 0.5 mの閉管中に閉端を節とする $\frac{1}{4} \lambda_1 = 0.5$ mの定常波が発生したことになる。このとき, 音波の周波数は $f_1 =$ 170 Hzである。

$$f_1 \lambda_1 = f_1 (4 \times 0.5) = 340, \therefore f_1 = \frac{340}{2} = 170 \text{ Hz}$$

次に2度目の共鳴が開管 A で生じ，開管の両端を腹とする $\frac{1}{2}\lambda_2=0.5\text{ m}$ の定常波が発生した。

そのあと3度目の共鳴がイ [B] のガラス管 に生じ，閉管の閉端が節となる $\frac{3}{4}\lambda_3=0.5\text{ m}$ の定常波が発生した。

問2 ⑦ 難易度 A

ヘリウムガス中の音速は，空気中の音速の3倍だから，閉管 B に最初の定常波（波長 $\lambda_1=2\text{ m}$ で空気中の場合と同じ）が発生したとき， $f_2=\frac{340\times 3}{\lambda_1}=3f_1=uf_1$ となる。

このとき，定常波の節は閉管の閉端においてのみ発生しているので，節の数は1 = 工個である。

コメント：

気柱で共鳴する音波の問題。共鳴するとは気柱に定常波が立つということだから，管の閉端には定常波の節，開端には腹がくる。

B

問3 ④ 難易度 C

抵抗A，Bが電源に対して並列に接続されている。抵抗Aを流れる電流は $\frac{6}{20}=0.3\text{ A}$ ，抵抗Bを流れる電流は $\frac{6}{30}=0.2\text{ A}$ 。Pを流れる電流は両者の和だから，0.5 A。

問題図3を見て，2つの抵抗は電源に対して並列接続と見抜く力が必要。

問4 ③ 難易度 B

（抵抗値 = 抵抗率 × 長さ ÷ 断面積）は知っていなければならない。抵抗Dは抵抗Cに対して，長さが2倍，断面積が4倍だから，抵抗値は $\frac{1}{2}$ = 才倍である。

問題図4のように抵抗CとDが直列接続された場合には，同じ電流が流れるので，消費電力は抵抗値に比例する。したがって，Dの消費電力は，Dの抵抗値がCの抵抗値の $\frac{1}{2}$ だから，Cの消費電力の $\frac{1}{2}$ = 力倍となる。

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 ⑤ 難易度 B

加速度を a とする。客車Aの運動方程式は $Ma = F - T$ ，客車Bの運動方程式は $ma = f$ ，ひも2に働く張力 $T = f$ 。これより， $a = \frac{F}{M + m}$ ， $f = \frac{mF}{M + m} = \textcircled{5}$

問2 ②，③ 難易度 B

一定の加速度で距離 L だけ走らせたということは，力 $F - T = F - T = F - f = Ma$ によって客車Aが距離 L だけ引っ張られたということだから，運動エネルギーの増加量は $(F - f)L = \textcircled{2}$ である。

このエネルギーの増加量は乾電池の電力によって供給されたもので，乾電池の化学エネルギー $\textcircled{3}$

の一部が変換されたものである。

コメント：

客車A, Bについて運動方程式を考える。このとき、客車Aにはひも2の張力が働いていることに注意しなければならない。

B

問3 ① 難易度B

二つの小物体の質量を m 、すべり台Aの傾きを θ_1, θ_2 とすれば、

垂直抗力は $N_1 = mg \cos \theta_1, N_2 = mg \cos \theta_2$ 。 $\theta_1 < \theta_2$ だから、 $N_1 > N_2$ 。

また、斜面下方にすべる加速度はすべり台Aの方がBよりも小さいから床に達するまでの時間は長い。すなわち、 $t_1 > t_2$ 。

問4 ⑤ 難易度B

小物体がすべり始めてから水平な床に達するまでの間、斜面から受ける垂直抗力は小物体にア 仕事をしない。なぜなら、作用する力の方向に物体は移動しないからである。

重力が小物体1, 2にする仕事をそれぞれ W_1, W_2 とすると、その大小関係はイ $W_1 = W_2$ である。なぜなら、2つの小物体は同じ高さからすべり始め、同じ床面に達するので、失う位置エネルギーは同じだからである。

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)

次の問い(問1~5)に答えよ。

[解答番号 1 ~ 5] (配点 25)

問1 ② 難易度C

運動エネルギーと運動量について述べた文として最も適当なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。

- ① × 運動エネルギーは大きさと向きをもつベクトルである。→ベクトルではない。
- ② ○ 二つの小球が非弾性衝突をする場合、運動量の和は保存されるが運動エネルギーの和は保存されない。
- ③ × 力を受けて物体の速度が変化したとき、運動エネルギーの変化は物体が受けた力積に等しい。→物体が受けた力積は運動量の変化に等しい。
- ④ × 等速円運動する物体の運動量は一定である。→等速円運動では、速度ベクトルの向きが刻々変化するので、運動量は一定ではない。

問2 ⑥ 難易度B

電荷 Q と q が点 $x=2d$ につくる電場の和は $\frac{kQ}{(2d)^2} + \frac{kq}{d^2} = 0$, $\therefore Q = -4q$

問3 ① 難易度 B

レンズの結像の式 $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$, 倍率 1.0 なので $\frac{b}{a} = 1$, $a + b = 1 \text{ m}$, $\therefore a = b = 0.5 \text{ m}$, $f = 0.25 \text{ m}$

像は上下, 左右が反転するから (A) のように見える。

問4 ⑤ 難易度 B

ピストンの質量と外気圧によるシリンダー内の理想気体に加わる圧力は $p_0 + \frac{mg}{S}$

シリンダー内の理想気体の状態方程式によって, $PhS = nRT$, 理想気体の圧力は $P = \frac{nRT}{hS}$

両者は等しいから, $p_0 + \frac{mg}{S} = \frac{nRT}{hS}$, $\therefore h = \frac{nRT}{p_0S + mg}$

問5 ④ 難易度 B

(a), (b), (c) について, 一見異なる単振動をしそうである。つり合いの移置を中心にした変位 x に対する復元力は $-kx$ といずれの場合も同じなので, 単振動の周期は $T_a = T_b = T_c = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ 。

運動方程式は $ma = -k(x+d) + f_c = -kx + (f_c - kd) = -kx$ のように同じになる。

ここで, $f_c - kd = 0$ となる変位 d がつり合いの位置である。(a) では $d = 0$, (b) では $f_c = \frac{1}{2}mg = kd$ だ

から $d = \frac{mg}{2k}$, (c) では $f_c = mg = kd$ だから $d = \frac{mg}{k}$ である。

異なるのは単振動の中心位置, すなわち静止状態でのつり合いの位置である。このことは, 物理の教科書にばね振り子として記載されている。

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。いかにスムーズに解答できるかが問われる。問1では運動量はベクトルであることを忘れないこと。問2は電場の大きさと向き, 問3はレンズの結像, 問4は気体の圧力, 問5はばねによる単振動が基本知識となっている。問5は誤り易いので気をつけること。

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 ~ ④] (配点 20)

A

問1 ③ 難易度 C

半導体AからBへ正電圧が印加されて電流が流れるので, 半導体Aに流れるのはホール (正孔), 半導体Bに流れるのは電子である。

問2 ⑤ 難易度 B

点bの電位が正のとき2つの抵抗に電流が流れ, 負になるとダイオードに電流が流れなくなるので, 電流は半分になる。そのような電流の振る舞いをしているのはグラフ⑤。

B

問3 ② 難易度 B

導体棒に電流 $\frac{V}{r}$ が流れるので右方向にローレンツ力 $\frac{VB}{l}$ が働く。動かないようにするには、左向きに同じ力を加える。

問4 ⑥ 難易度A

導体棒に電流が流れなくなったということは、導体棒が磁束を横切るときに発生する誘導起電力が導体棒の両端の電圧と逆方向に発生するという。スイッチSを閉じているとき、図1のように直流電源から抵抗 r, R の閉回路に電流 $I = \frac{V}{r+R}$ が流れるから導体棒の両端の電圧は RI である。一方、誘導電圧は導体棒が単位時間あたりに横切る磁束だから vlB 。これが導体棒の両端の電圧と等しく逆方向である。 $vlB = RI = \frac{R}{r+R}V, \therefore v = \frac{VR}{Bl(r+R)}$



図1

コメント：

半導体中の電流の流れ，正孔と電子の役割を理解すること。電流が流れている導体棒に磁場が作用してローレンツ力が発生するので，導体棒が動く。導体棒が磁束を横切って動くとき，起電力が誘起される。その起電力は導体棒が構成する閉回路内の磁束変化を妨げる方向に電流を流す。この電圧が電池によって回路に流れる電流による降下電圧と平衡して，導体棒には電流が流れなくなる。ここで，導体棒の両端の電圧を電池の電圧と間違えないこと。

第3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] ~ [6] (配点 20)

A

問1 [1] ① 難易度B

経路1の光線がAからBへ到達するとき，経路2の光線はEからFへと到達する。

真空中で速さ c の光は屈折率 n の媒質中で速さは $\frac{c}{n}$ だから， $\frac{AB}{c/n} = \frac{EF}{c}, \therefore n = \frac{EF}{AB}$

[2] ③ 難易度B

Fで重なる経路1と経路2の光線の経路長差は $BD + DF$ で，屈折率は n だから，
光路差 $n(BD + DF) = m\lambda$ のとき両光線は強め合う。

問2 [3] ア ④ 難易度C

姉の目から出た光は透明な壁をCDのように進み弟の目に入る。

[4] イウ ② 難易度C

弟の目からDを結ぶ直線上に姉の目を弟は観測するから，壁のないときに比べて姉の目の位置は上にずれて見える。姉の目からCを結ぶ直線上に弟の目を観測するから，壁のないときに比べると，

弟の目の位置は下にずれて見える。

コメント：

屈折率の異なる媒質間における光の反射，屈折に関する問題。光の進行に関する基本的な問題だから，スムーズに解答したい。

B

問3 ④ 難易度 B

問題図5のグラフを表す式を求める。 $t=0$ で $x=a$ となるのは，③と④。 $t=T$ で $x=a$ となるのは④。

問4 ③ 難易度 A

ドップラー効果により最も高い音として観測されるのは，振動数が最も大きくなる音波で，音源が観測者に最も大きい速さで近づいてくるときである。問題図5で音源の位置 x が正方向に向かい（すなわち観測者に近づき）， x の変化が最も大きい（すなわち速さが最も大きい）点はRである。

コメント：

ドップラー効果の現象を的確に理解しておきたい。観測者に音源が近づいてくるとき，音波の振動数が大きくなるので，音が高く聞こえる。問題図5のグラフが示す情報を的確に読み取りたい。音源の位置 x の時間変化が音源の速さである。

第4問（必答問題）

次の文章（A・B）を読み，下の問い（問1～4）に答えよ。

[解答番号 ① ~ ④]（配点 20）

A

問1 ③ 難易度 B

おもりの質量を m とすれば，おもりには電車進行方向に慣性力 ma と鉛直下方に重力 mg が働いて

いるから， $\tan \theta = \frac{ma}{mg} = \frac{a}{g}$

問2 ⑤ 難易度 B

電車内の観測者から見ると，ボールの質量を m_B とすれば，ボールには慣性力 $m_B a$ が電車進行方向

に働いている。加えて鉛直下方に重力 $m_B g$ が働いている。したがって，ボールは $\tan \theta = \frac{m_B a}{m_B g} = \frac{a}{g}$

の方向へ動く。

コメント：

加速度運動をしている電車内の物体の運動を電車内で観測すると，電車にかかる加速度とと反対方向に加速度が作用する慣性力（見かけ上の力）が働いているように見える。

B

問3 ⑤ 難易度 B

小球が失う位置エネルギーは小球の運動エネルギー K に等しい。角度 α のとき，小球は $l \sin \alpha$ 下降するので，失う位置エネルギーは $mgl \sin \alpha = K$ 。

問4 ⑥ 難易度 A

小球の運動の過程で力学的エネルギーは保存される。 $\beta=90^\circ$ における小球の速さ v とすれば，

エネルギー保存の法則により， $\frac{1}{2}mv^2 + mg(l-a) = mgl$ ，張力 T は小球の円運動の向心力だから，

$$T = \frac{mv^2}{l-a} = \frac{2amg}{l-a}$$

コメント：

小球の力学的エネルギー（位置エネルギーと運動エネルギーの和）が保存されるエネルギー保存の法則を活用する。小球は円運動をするので，糸の張力は円運動の向心力となる。

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 ① 難易度C

過程A → Bは定積変化で圧力上昇するから，気体が熱を外部から吸収し，温度が上昇して，内部エネルギーは増加する。

問2 ③ 難易度B

過程A → B → C → D → Aの間に気体が外部にした仕事の総和は図1のグラフが囲む面積だから， $2p_0V_0$ 。すなわち，A → Bでは外部から熱を吸収するから仕事をしない。B → Cでは圧力 $2p_0$ で体積が V_0 から $3V_0$ まで膨張するから， $4p_0V_0$ の仕事を外にする。C → Dでは熱を放出して圧力は減少する。仕事をしない。D → Aでは圧力 p_0 で圧縮されるから $2p_0V_0$ の仕事を外からされる。結局，さしひき $2p_0V_0$ の仕事をする。

問3 ⑥ 難易度A

理想気体の状態方程式 $pV = nRT$ から， $T_A = \frac{p_0V_0}{nR}$ で， $T_B = 2T_A$ ， $T_C = 6T_A$ ， $T_D = 3T_A$

B → C，D → Aは圧力一定だから，直線である。これを満足するグラフは⑥。

コメント：

理想気体の圧力－体積グラフから，状態変化を考察する。状態方程式を活用すると良い。

第6問（選択問題）

X線に関する次の文章を読み，下の問い（問1～3）に答えよ。

[解答番号 ① ~ ③]（配点 15）

問1 ① 難易度C

電子が電圧 V で加速されたとき，有する運動エネルギーは $E = eV = \text{ア}$ である。したがって，陽極から出るX線のエネルギー $h\nu \leq eV$ だから，振動数の最大値は $\nu_0 = \frac{eV}{h} = \frac{E}{h} = \text{イ}$ である。

問2 ② 難易度B

図2に観測される鋭いピーク部分のX線を特性（固有）X線＝ウと呼ぶ。これは原子の電子軌道のエネルギー準位差に固有の振動数のX線となるので，特性（固有）X線と呼ぶ。放出されるX線のエネルギー $E_X = E_1 - E_0 = \text{エ}$ で，電子軌道のエネルギー差に対応する。

問3 ⑤ 難易度 A

同じ加速電圧を用いて得られたスペクトルの組み合わせは、発生するX線の最短波長が電子のエネルギーに相当するものになって同じだから、(B)と(C)である。

同じ陽極金属を用いて得られたスペクトルは、同じ特性X線を発生するから(A)と(B)の組み合わせである。

コメント：

教科書の原子・分子の章にX線の発生に関する記述がある。原子の構造や電子軌道などの基礎知識とX線の発生とは密接に結びついているから、この章を全体を理解しておきたい。

200416