

H27 年度 (2015 年度) センター試験 物理基礎 解説

150726

		分野	問題概要	
第 1 問 各分野 から		問 1 静電気	絶縁体を摩擦したときに発生する帯電とその性質	
		問 2 熱	熱機関の熱効率を求める	
		問 3 運動	等加速度運動と進む距離	
		問 4 音波	弦の定常波の振動数を求める	
		問 5 原子	核分裂と原子力発電	
第 2 問 波 電気	A	問 1 波の速度	波の変位図から速度を求める	
		問 2 波の周期	同上で周期を求める	
	B	問 3 抵抗回路	抵抗の直列接続、並列接続の電流を求める	
		問 4 抵抗回路	同上で消費電力が最大となる抵抗を求める	
第 3 問 力 運動	A	問 1 ばねの伸び	ばねに加えた力から伸びを求める	
		問 2 ばねの力と仕事	ばねに加えた力がした仕事を求める	
	B	問 3 斜面での運動	斜面を滑り落ちる速度のグラフを求める	
		問 4 同上	初期条件による斜面を滑り落ちる速度の違いを考える	

合計 13 問

< 総評 >

理科新課程で初めてのセンター試験。4 科目 (物理基礎、化学基礎、生物基礎、地学基礎) の中から 2 科目以上を 60 分で解答する。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。昨年までの物理 とほぼ同様である。

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だろう。

とはいえ、それなりの思考プロセスが必要と思われるのは、第 1 問 問 4 では、定常波の波長, 振動数, 弦の長さの関係から導く。第 2 問 A 問 1 では波の進行方向を波の図から理解しなければならない。第 3 問 B 問 4 では, 斜面上向き、下向きに関わらず、同じ初速ならば、出発点より下の点での速さは同じという物理解が必要となる。

H27 年度 (2015 年度) センター試験 物理 解説

		分野	問題概要	難易度
第 1 問 各分野		問 1 波の回折	波の回折に基づく現象を選択	C
		問 2 電気力	電荷の間に働く力とつり合い	B
		問 3 単振動の慣性力	単振動する台上の物体に働く慣性力と動き開始条件	A
		問 4 理想気体の圧力	理想気体の圧力の計算, 体積, 温度が既知として	C
		問 5 力学	力のモーメントのつり合い	B
第 2 問 電磁気	A	問 1 ダイオードと抵抗回路	ダイオードの整流特性	B
		問 2 同上	整流された電流による消費電力	A
	B	問 3 荷電粒子の運動	電位変化による荷電粒子の運動エネルギー	C
		問 4 同上, サイクロトロン	荷電粒子の速さと磁場による円運動の半径	B
第 3 問 波動	A	問 1 媒質境界面での波	異なる媒質中での振動数	B
		問 2 上記での屈折	媒質境界面での屈折の関係	B
	B	問 3 水面波の干渉	逆位相の 2 つの水面波の強めあう条件	B
		問 4 同上	水面波が強めあうための経路差のつけ方	A
第 4 問 力学	A	問 1 運動	小球の等速運動	C
		問 2 運動	小球の重力下での落下時間	B
		問 3 運動	はね返りによる力学的エネルギーの変化	B
	B	問 4 ばね	ばねの弾性力と重力のつりあい	B
		問 5 ばね	重力下でばねを伸ばすためにした仕事	A
第 5 問 気体 (選択)		問 1 気体の状態変化	断熱変化、等温変化、定圧変化	C
		問 2 気体がされる仕事	各変化で気体がされる仕事	B
		問 3 温度と体積の関係	各変化での温度と体積の関係のグラフ	B
第 6 問 原子 (選択)		問 1 粒子の散乱	金箔に 粒子を照射したときの散乱	B
		問 2 原子模型	ラザフォードの原子模型と光の放出, 吸収	C
		問 3 電子の状態	電子の円軌道と物質波の定常波	A

合計 21 問 A : 4(5)問 B : 12(11)問 C : 5 問 難易度 : A 高, B 中, C 低 ()は第 6 問

< 総評 >

新課程での初めての物理のセンター試験。問題数も問題の難易はこれまでと変わらないと思う。大きな変化は第 5 問, 第 6 問のいずれか選択があり、第 6 問が原子物理であることだ。

第 1 問問 3 は単振動の慣性力は振動数が大きくなると大きくなり、静止摩擦力を上回ると滑り始めるという過程を理解することが必要だ。第 2 問ではダイオードの特性を回路動作と関連付けて理解することが必要だ。

第 6 問問 1 では、似たような散乱図形の中から正しいものを抽出するには、電荷間に働く力を正しく理解していなければならない。

原因となる原理や法則から現象が起きる過程を描くということが正答には一番大事なことだ。

理科 (物理基礎, 化学基礎, 生物基礎, 地学基礎) 2科目以上受験, 60分, 2科目100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

アクリル棒やビニル棒をティッシュペーパーでこすると, 髪の毛や紙片を引きつける。この現象はア帯電によるものである。生じる電気には正電荷と負電荷があり, 異種の電荷のあいだにはイ反発力, 同種の電荷のあいだにはウ引力がはたらく。

問2 ⑤ 難易度C+

消費された熱量 Q_1 のうち, 仕事に使われた熱量は $Q_1 - Q_2$ だから, 熱効率は⑤ $\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$

問3 ② 難易度C+

3秒で速さ0から6m/sに増加したのだから, 加速度 $=\frac{6-0}{3} = \text{エ} = 2\text{m/s}^2$,

進んだ距離は $\frac{6 \times 3}{2} = \text{オ} = 9\text{m}$ である。

問4 ② 難易度B

振動源と滑車の距離を L , 波長を λ とすれば, 振動数110Hzのとき, $\frac{\lambda}{2} = L$ 。振動数が大きくなると, 波長は短くなる。振動数220Hzの定常波のとき, $\lambda = L$, 330Hzのとき $\frac{3\lambda}{2} = L$, したがって振動数を250Hzから徐々に大きくしていくと, はじめて定常波が現われる振動数は② 330Hzである。

問5 ⑦ 難易度B-

原子力発電ではウランやプルトニウムが核分裂する。その結果, 別の放射性物質が作り出され, 厳重に管理する必要のある放射性廃棄物となる。

コメント:

問4で, 弦の振動による音波の速さは振動数が変化しても変わらない。したがって, 振動数が大きくなると, 波長は短くなる。

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 ② 難易度C

波は0.2sで x 軸の負方向へ, 1m進んだから, 波の速度は, $\frac{-1}{0.2} = -5\text{m/s}$ である。

問2 ④ 難易度B

波について, (波の速さ) = (波長) \times (振動数) = (波長) \times $\frac{1}{\text{周期}}$ である。

ここで波の速さは5 m/s, 問題図1から波長は12 m だから, 周期 $=\frac{12}{5} = 2.4$ sである。

B

問3 ㉞ 難易度B

(a)は直列接続で、合成抵抗は $10+20+40=70\Omega$ だから、流れる電流 $I_a=\frac{10}{70}=0.14\text{A}$

(b)は並列接続で、 R_1 にかかる電圧は 10V だから、流れる電流 $I_b=\frac{10}{10}=1\text{A}$

問4 ㉞ 難易度B

消費電力は(電流) \times (電圧)=(電流) \times (電流 \times 抵抗)である。(a)では、流れる電流はどの抵抗も同じだから、最も抵抗の大きい R_3 の消費電力が最も大きい。(b)では、抵抗の両端の電圧は同じだから、抵抗が最も小さい R_1 の電流が最も大きい。したがって、 R_1 の消費電力が最も大きい。

コメント：

問題図1から波が正負どちらに進んでいるか、読み取らなければならない。同じ変位の位置が左にずれているから、負方向に進んでいる。

抵抗の直列接続、並列接続での電流、消費電力の意味等を理解していなければならない。消費電力は電流の2乗に比例するから、並列接続では、抵抗が小さいほど電流が大きくなり、消費電力が大きくなる。

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 ㉞ 難易度C

ばねに加えた力が F 、伸びが x だから、 $F=kx$ 、したがって $x=\frac{F}{k}$

問2 ㉞ 難易度B

両端に加えた力は変位 x に比例する kx だから、力がした仕事は $\frac{kx^2}{2}$

B

問3 ㉞ 難易度C

小物体には重力の加速度の斜面方向成分(一定)が働くから、速度は直線的に増加する。

問4 ㉞ 難易度B+

(a)はPに戻ったとき、エネルギー保存の法則により、斜面下方に同じ速さ v で通過する。したがって、 $v_a=v_b$ である。明らかに、 $v_b>v_c$ である。

コメント：

ばね定数、ばねを伸ばす力、ばねの伸びの関係を理解していなければならない。

滑らかな斜面上の小物体の運動の問題。重力の加速度の斜面方向成分が働くことを理解していなければならない。問4は誤りやすいだろう。(a)は斜面下方に加速度が働くから、上方への移動が減速して止まり、下方へ滑り落ちる。元のP点に戻ったとき、速さは同じで向きが逆。(b)と同じである。

物理 (注) この科目には, 選択問題があります。(3ページ参照。)

第1問

問1 ⑥ 難易度C

回折は波が進行を妨げる障害物を回り込んで来る現象をさす。コンクリートの塀の向こう側の見えない場所で発生した音でも, 音の波が塀の上部を回り込んで来るので, 音が聞こえる。

問2 ⑧ 難易度B

右の電荷 Q , 下の電荷 Q から電荷 q に働く力は, 左方に $F = \frac{kqQ}{l^2}$, 上方に $F = \frac{kqQ}{l^2}$ だから,
左斜め上方に合力 $\sqrt{2}F$ が働く。したがって, 静電気力が釣り合うためには, Q' と q との間に働く力
 $\frac{kqQ'}{(\sqrt{2}l)^2} = -\sqrt{2}F = -\frac{\sqrt{2}kqQ}{l^2}$, $\therefore Q' = -2\sqrt{2}Q$

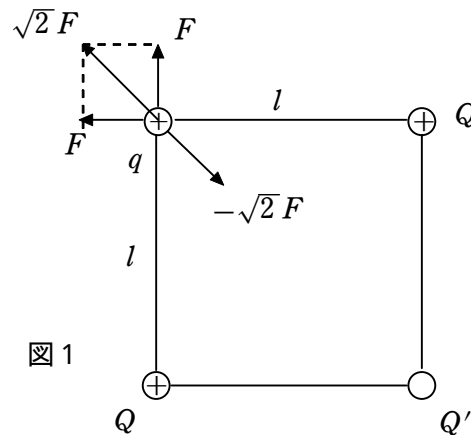


図1

問3 ① 難易度A-

単振動の加速度は $A\omega^2 \sin \omega t$ だから物体に働く力は $mA\omega^2 \sin \omega t$, したがって台上の観測者からみた物体の慣性力の最大値は $F_1 = mA\omega^2$, F_1 が静止摩擦力 μmg を超えたとき, 物体は滑り始める。

問4 ⑧ 難易度C

気体の状態方程式 $PV = nRT$ により, 圧力 $P = \frac{nRT}{V} = \frac{2 \times 8.3 \times (273 + 27)}{2.5 \times 10^{-2}} \approx 2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$

問5 ② 難易度B

張力 T による力のモーメントは Tl , ただし l は棒の長さ。

棒の重力による力のモーメントは $\frac{\sqrt{3}}{2}mg \times \frac{1}{2}l$

両者が釣り合っているので, $Tl = \frac{\sqrt{3}}{2}mg \times \frac{1}{2}l$, $\therefore T = \frac{\sqrt{3}}{4}mg$

コメント:

問3では, 単振動している台上で物体は静止摩擦力によって, はじめは静止している。ところが, 振動数が大きくなると, 物体に働く慣性力が大きくなり, 静止摩擦力を超えてしまう。すると台上を

物体は滑り始める。

問5では糸と棒のなす角は 90° 、棒の傾きは 30° であることに注意する。

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 ~ ④] (配点 20)

A

問1 ⑤ 難易度B

ダイオードの特性によって、電流はBDCAのように流れる。逆向きには流れない。したがって、抵抗に電流が流れるときは電圧降下により、Cの電位はDよりも低い。一方Aの電位がCの電位よりも高いときは、電流は流れない。このとき、C、D、Bの電位は同じである。したがって、Aの電位がBよりも高いときは、電流が流れず、Cの電位はDの電位に等しく、Aの電位がBよりも低くなると、DからCへ電流が流れ、Cの電位はDよりも低くなる。

問2 ③ 難易度A

交流電圧 $V_0 \sin \omega t$ 、電流 $\frac{V_0}{R} \sin \omega t$ の消費電力の時間平均は、 $\frac{V_0^2}{2R}$ である。電流は点Cの電位がDに

対して負の場合のみ流れるから、消費電力は $\frac{1}{2} \times \frac{V_0^2}{2R} = \frac{1}{4} \frac{V_0^2}{R}$

コメント：

ダイオードの整流作用を理解していなければならない。問題図1で、AよりCの電位が高いときのみ、ダイオードに電流が流れる。したがって、AからCには電流は流れない。

交流電流による消費電力の時間平均値を理解していなければならない。

消費電力は $P = \frac{V_0^2}{R} \sin^2 \omega t = \frac{1}{2} \frac{V_0^2}{R} (1 - \cos 2\omega t)$ 、 $\cos 2\omega t$ の時間平均は0だから、消費電力の時間平

均値は $\bar{P} = \frac{V_0^2}{2R}$

B

問3 ① 難易度C

電荷 q の粒子は V の電圧で加速されると、 qV の運動エネルギーを得る。電極間を n 回通過したのだから、初期の運動エネルギー E_0 を加えて、粒子のもつ運動エネルギーは $nqV + E_0$ となる。

問4 ① 難易度B

粒子の運動エネルギーは $\frac{1}{2}mv^2 = E_n$ と表されるから、粒子の速さ $v = \sqrt{\frac{2E_n}{m}}$

円運動の向心力は、 $\frac{mv^2}{r} = qvB$ と表されるから、円運動の半径 $r = \frac{mv}{qB}$

コメント：

荷電粒子を加速するサイクロトロン の原理となる実験の問題で、教科書に記載されている。

荷電粒子は電圧 V により加速され、磁場 B によりローレンツ力を受け、円運動を行う。

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] ~ [4] (配点 20)

A

問1 ⑥ 難易度 B

単位時間あたりに到達する波の山の数や出ていく波の山の数は波の振動数である。

(波の振動数) × (波長) = (波の速さ) だから、 $\frac{v_1}{\lambda_1} = \frac{v_2}{\lambda_2}$

問2 ② 難易度 B

破線は波の山を表しているのだから、その間隔が波長に等しい。したがって、 $d = \frac{\lambda_1}{\sin \theta_1} = \frac{\lambda_2}{\sin \theta_2}$

コメント：

媒質の境界面で平面波が屈折する現象を説明する問題である。問1では、媒質1と2とでの波の振動数が変わらないということを示している。入ってくる波の山の数と出て行く波の山の数が同じでなかったら、波がどこかに溜まってしまうから、おかしい。

問2からは、 $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ という屈折の法則が導かれる。

B

問3 ⑥ 難易度 B

(波長 λ) × (振動数) = (速さ)、(波長 λ) = $\frac{\text{速さ}}{\text{振動数}} = (\text{速さ}) \times (\text{周期}) = vT$

2つの水面波は逆位相だから、経路差が(波長の整数倍 + 半波長) のとき強めあう。

したがって、 $|l_A - l_B| = \left(m + \frac{1}{2}\right)vT = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$ が強めあう条件である。

問4 ② 難易度 A-

強めあう場所が弱めあう場所となったということは、経路の差が半波長ずれたということである。

経路差が半波長ずれたということは、水路の中心位置が $\frac{1}{4}$ 波長 = $\frac{1}{4}vT$ ずれたということである。

すなわち、一方の経路が $\frac{1}{4}$ 波長だけ長くなり、他方が $\frac{1}{4}$ 波長だけ短くなるので、経路差は半波長ずれることになる。

コメント：

仕切り板を振動させることによって、逆位相の水面波を発生させるという着想が面白い。問4では、仕切り板の位置のずれの2倍が経路長の変化になることに気づかなければならない。

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 ~ ⑤] (配点 25)

A

問1 ② 難易度C

L の距離を速さ v_0 で到達するのだから、かかる時間は $t_1 = \frac{L}{v_0}$

問2 ⑤ 難易度B

初速0, 重力の加速度 g で、垂直方向に h 落下する時間だから、 $\frac{1}{2}gt_2^2 = h$, したがって $t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

問3 ⑤ 難易度B+

点Oから投げた直後の小球の力学的エネルギーは、運動エネルギーと位置のエネルギーだから、

$$E_0 = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgh$$

点Pで小球がはね返った後の水平方向の速さは、跳ね返り係数が e だから、 ev_0

したがって、点Qに落ちる直前の小球の力学的エネルギー E_1 は、水平方向の運動エネルギーと h だけ落下したことによる重力の位置エネルギーが垂直方向の運動エネルギーに変化した mgh の和で、

$$E_1 = \frac{1}{2}m(ev_0)^2 + mgh, \text{ したがって } E_0 - E_1 = \frac{1}{2}(1 - e^2)mv_0^2$$

コメント:

問1は問題なからう。問2は、重力の作用の下での自然落下を考えれば良い。

問3では、力学的エネルギーは運動エネルギーと重力による位置エネルギーの和である、ということを理解していなければならない。位置エネルギーに相当するエネルギーはO点, Q点で同じだから、力学的エネルギーの変化は小球と壁との間のはね返りによる減速によるものである。

B

問4 ① 難易度B

下側のばねの自然長からの縮みは $l-h$, 上側のばねの自然長からの伸びは、同様に、 $l-h$

小球に下方に働く力は重力 mg

上方に働く力は、上側のばねによる力 $k(l-h)$ と下側のばねによる力 $k(l-h)$

両者がつり合っているので、 $mg = k(l-h) + k(l-h) = 2k(l-h)$, $\therefore h = l - \frac{mg}{2k}$

問5 ⑥ 難易度A

上側のばねの伸びは $y-2l$, その伸びによる力と小球に働く重力とが等しいから、 $k(y-2l) = mg$

したがって、 $y = \frac{mg}{k} + 2l$

小球は高さ h から l まで上昇したのだから、この間になされた仕事は $mg(l-h)$

またばねの弾性エネルギーが $\frac{1}{2}k(l-h)^2 \times 2$ だったのが、 $\frac{1}{2}k(y-2l)^2$ になったので、

$$手がした仕事 W = mg(l-h) - k(l-h)^2 + \frac{1}{2}k(y-2l)^2$$

コメント：

問4では、下側のばねは縮み、上側のばねは伸びている。上下のばねの長さの合計は自然長だから、縮み量と伸び量は等しいことに注意する。

問5では、ばねを引き上げることにより、小球の位置エネルギーの増加という仕事と、ばねの弾性エネルギーの減少という仕事がなされたことを考慮する。

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 ② 難易度 C

熱の出入りがない過程は断熱変化だから、(a)である。内部エネルギーが変化しない過程は、等温変化だから、(b)である。

問2 ⑥ 難易度 B-

気体が外部からされる仕事は、変化曲線と横軸が囲む面積だから、大小関係は $W_c < W_b < W_a$ 。

問3 ⑧ 難易度 B

(a)は断熱圧縮だから温度は上昇する。したがって力に対応する。(b)は等温変化すなわち温度一定だから、オに対応する。これによって、正答は⑧であることがわかる。(c)は定圧変化で体積と温度は比例するから、ウに対応する。確かに⑧の(c)はウである。

コメント：

理想気体の状態変化の問題である。状態方程式 $PV = nRT$ を思い浮かべ、それぞれの過程で温度 T がどうなるかを考えよう。問1は変化の定義を理解していれば問題ない。問2は気体が外部からされる仕事の意味を理解していることが必要である。教科書に、気体が「する」あるいは「される」仕事は体積-圧力曲線と体積軸とが囲む面積に相当すると記載されている。ここでは、気体が圧縮されるので、される仕事は正である。

第6問（選択問題）

原子核の発見と原子の構造の解明に関する次の問い（問1～3）に答えよ。

[解答番号 ① ~ ③]（配点 15）

問1 ③ 難易度 B

α 粒子と原子核は正の電荷をもつから、反発する。反発力は両者の距離が小さいほど大きいから、原子核に近い α 粒子の飛跡ほど、反発して大きく曲がる。これに該当するのは、③である。

問2 ④ 難易度 C

電子が円運動をして電磁波を放射して失うのはエネルギーである。その結果、向心力が小さくなるので、円運動の半径が小さくなってしまふ。水素原子のスペクトルとは、水素中の放電から出る光の波長分布のことで、光の放出または吸収に関連することだから、イは光子である。

問3 ⑥ 難易度 A

円周長が物質波の波長の整数倍になって定常波となるように、電子が円軌道上に存在する。したがって $2\pi r = n\lambda$, しかるに電子の物質波の波長は $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$ だから , $2\pi r = \frac{nh}{mv}$

コメント :

問1では、粒子の飛跡の違いをていねいに注視しなければならない。問2のアについて、理論を的確に理解することは難しいのだが、質量や電荷が該当しないことは文意から明らかだろう。イについて、光が放出または吸収されるということであり、1個の電子の状態遷移に1個の光子の放出または吸収が対応する。

問3ではド・ブロイの物質波の概念を的確に理解していなければならない。物質波の波長は簡単な式によって表現されるので、覚えてしまえば良いのだが、概念を理解することは難しい。

150728