

2016年度 センター試験 本試験 物理基礎

第1問 小問集合

出題範囲	小問集合
難易度	★★☆☆☆
所要時間	8分
傾向と対策	新課程2年目の2016年度も、2015年度と同様に第1問は小問集合であった。今後もこの形式が続くと思われる。
	問1 力の合成の問題。力をベクトルとして考えられるかを問う。力を成分に分解できれば容易い。
	問2 さまざまなエネルギーについての問題。新課程となり、このような問題が今後も多く出題されることが予想される。教科書を読み込んで対策したい。
	問3 圧力と力のつり合いについての問題。液面での圧力を考える。液柱が質量のあるコップの一部となっていると考えてもよい。
	問4 自由端反射での合成波の問題。自分で図中に入射波と反射波のグラフを書き込み、それを重ね合わせるとわかりやすい。
	問5 電磁誘導に関する問題。「物理基礎」ではそれを数式で扱うことはないが、教科書で仕組みを確認しておくといよい。

問1 正解は②

難易度 ★★☆☆☆

解説

ポイント

- ・力の分解
- ・力の合成

・力の分解…… x 方向と y 方向に力を分解する。 $\vec{F}_1 = (F_{1x}, F_{1y})$, $\vec{F}_2 = (F_{2x}, F_{2y})$

・力の合成…… 2つの力を合成する（ベクトルの成分ごとの足し算）。 $F_x = F_{1x} + F_{2x}$, $F_y = F_{1y} + F_{2y}$

〔解〕

図1より、力 \vec{F}_1 , \vec{F}_2 をそれぞれ成分表示すると

$$\vec{F}_1 = (4, 2)$$

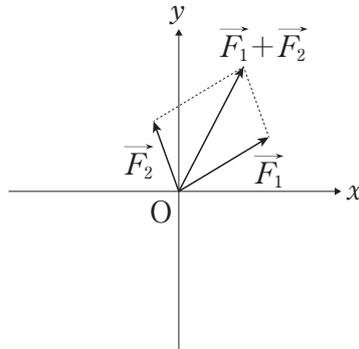
$$\vec{F}_2 = (-1, 3)$$

である。よって、合力 $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$ は

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = (F_x, F_y) = (4 - 1, 2 + 3) = (3, 5)$$

である。したがって、 $F_x = 3 \text{ N}$ 、 $F_y = 5 \text{ N}$ である。

よって解答は②。



◆ Check!!

ベクトルの和

力はスカラーではなくベクトルで表される。2本のベクトルの和の各成分は、各成分同士の和であり、それぞれのベクトルを隣り合う辺とする平行四辺形の対角線で表される。

問2 正解は⑥

難易度 ★★☆☆☆

解説

ポイント

・エネルギーの種類

・エネルギーの種類……エネルギーはさまざまな形態をしており、その形態を変化させながら存在している。

〔解〕

火力発電では、化石燃料のもつ**化学**エネルギーを燃焼によって熱エネルギーに変換し、そのエネルギーを利用して水を水蒸気に変えて発電機のタービンを回し（運動エネルギー）、電気エネルギーを得る。風力発電では、空気（風）の**運動**エネルギーを利用して発電機に連結された風車を回し、電気エネルギーを得る。

火力発電では二酸化炭素などの温室効果ガスを排出するのに対して、風力発電などではその排出がないため、環境に優しい発電方法である。ところが、立地条件やコストなどの問題からあまり普及はしておらず、今日の我

が国では発電の大部分を火力発電に頼っている。

なお、化学エネルギーとは、化学結合によって物質内に蓄えられるエネルギーであり、化学変化によって熱・光などの形で放出される。

よって解答は⑥。

問3 3 正解は①

難易度 ★★★★★

解説

ポイント

・ 同じ高さでの圧力は一定

・ 同じ高さでの圧力は一定……液面にはたらいっている力の大きさを面積で割り、圧力の大きさを考えることで同じ高さでは圧力が同じことから式を導出する。

〔解〕

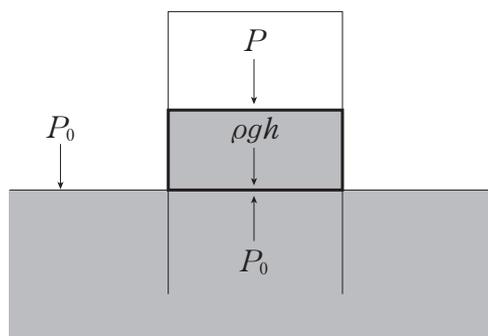
コップ内の液柱の体積は Sh であり、液体の密度が ρ であるから、この液柱にはたらく重力の大きさは ρShg である。よって、液柱が水面の高さにおよぼす圧力 P_1 は $P_1 = \rho Shg/S = \rho gh$ である。ここで、液面の高さにおける圧力はコップの内外で等しくなるので

$$P + P_1 = P_0$$

$$\therefore P = P_0 - P_1 = P_0 - \rho gh$$

である。

よって解答は①。



問4 4 正解は③

難易度 ★★★★★

解説

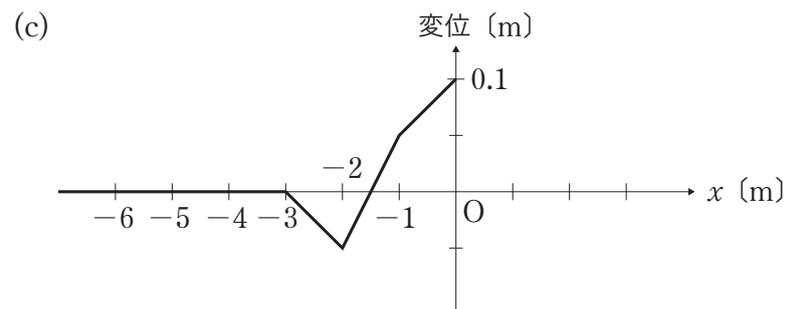
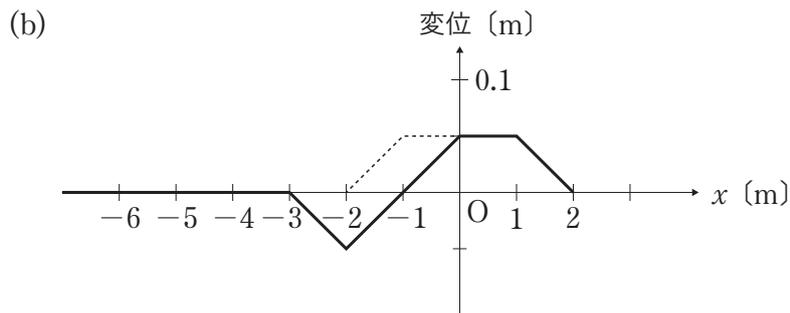
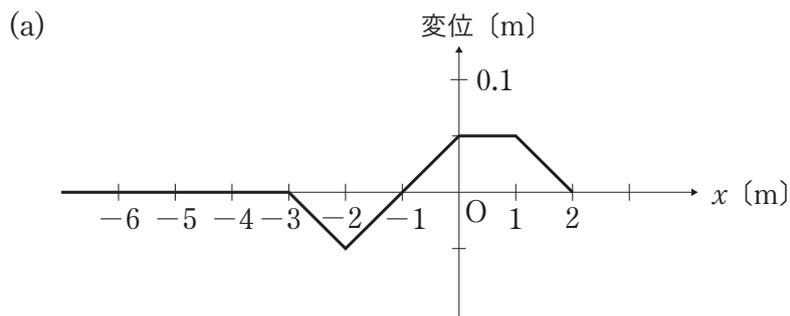
ポイント

- ・自由端反射
- ・重ね合わせの原理

- ・自由端反射……自由端反射では山がそのまま山として、谷は谷のまま反射する。
- ・重ね合わせの原理……2 つ以上の波が重なったとき、各地点での変位は、もともとの波の変位の総和となる。

(解)

$x = 0 \text{ m}$ に自由端がなかったと仮定すると、時刻 4 s で図 (a) のようになり、波の先端は $x = 2 \text{ m}$ に達する。自由端では波の山がそのまま山として（固定端では反転して谷となる）反射されるので、反射された波は自由端を軸に折り返し、図 (b) の破線のようになる。ここで、入射波と反射波の重ね合わせ（変位の和）が観察される波形になるので、 $x \leq 0 \text{ m}$ の部分の実線と破線を重ね合わせたものが実際に観察される波形となる。したがって、時刻 4 s の波形として最も適当なものは③（図 (c)）である。



◆ Check!!

グラフを選ぶときに注目すべき点

反射波は $x = -2 \text{ m}$ までしか到達していないので、 $-3 \text{ m} \leq x \leq -2 \text{ m}$ の範囲では入射波がそのまま波形となる。 $x = -1 \text{ m}$ では、入射波の変位が 0 m 、反射波の変位が 0.05 m なので、波形の変位は $0 \text{ m} + 0.05 \text{ m} = 0.05 \text{ m}$ となる。 $x = 0 \text{ m}$ では、入射波の変位が 0.05 m 、反射波の変位が 0.05 m なので、波形の変位は $0.05 \text{ m} + 0.05 \text{ m} = 0.1 \text{ m}$ となる。これらの点を直線で結べば実際の波形が求められる。

問 5 5 正解は⑤

難易度 ★★★★★

解説

ポイント

・ 電磁誘導

- ・ 電磁誘導……導体に対して磁石が運動すると、導体を貫く磁力線の数の変化から導体に渦電流が発生し、その渦電流は磁石の運動を妨げようとする磁力を生じさせる。

〔解〕

磁石が銅パイプ（導体）の中を落下するとき、パイプの側面を貫く磁力線の数が変化し、電磁誘導により誘導電流（渦電流）が流れる。この渦電流によって、磁石の運動を妨げるような向きに力がはたらき、磁石の速度が減少して力学的エネルギー（＝運動エネルギー）の一部が失われ、ジュール熱に変換される。一方、ガラスパイプ（不導体）の中を落下するときには誘導電流は流れず、磁石は空気中と同じように落下する。したがって、磁石の落下時間は銅パイプのほうが長い。よって解答は⑤。

◆ Check!!

磁石の速度が減少する理由

電磁誘導は、磁力線の数の変化を妨げるように生じる（これをレンツの法則という）。銅パイプ中を磁石が落下するとき、磁石には磁力線の数の変化率を減少させようと銅パイプから上向きに磁力がはたらくため、磁石の速度は減少する。

(制作：森田涼介，森本亮太)

2016年度 センター試験 本試験 物理基礎

第2問 波形から読み取る縦波の性質 / 変圧器と消費電力

出題範囲	縦波 / 変圧器・消費電力
難易度	★★☆☆☆
所要時間	8分
傾向と対策	第2問Aは縦波に関する問題。問1は波の基本公式に代入すればよい。問2は、縦波の横波表示では変位がどのように表されているかがわからなければ正答を得ることができない。本文中に書いてあるので正しく読み取ることが重要である。
	第2問Bは変圧器と送電線の問題。問3はそのまま公式に当てはめればよい。問4では、送電線にかかる電圧がVとは異なることに注意しなければならない。発電所から送り出された電流は初めから分岐することなく送電線にしか流れないと考えると、送電線と各家庭が直列接続になっていると解釈することができる。いずれにせよよく考えなければ誤った選択肢を選んでしまう危険性がある。

A

問1 正解は①

難易度 ★★☆☆☆

解説

ポイント

・波の基本式

・波の基本式…… $v = f\lambda$

(解)

この波の波長を λ (m) とすると、図1の原点 O から d の位置までの距離が一波長分であるから、 $\lambda = 4.0$ m である。波の振動数を f (Hz)、波の伝わる速さを $v = 340$ m/s とすると

$$v = f\lambda$$

が成り立つ。したがって

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340 \text{ m/s}}{4.0 \text{ m}} = 85 \text{ Hz}$$

である。

よって解答は①。

問2 7 正解は②

難易度 ★★★☆☆

解説

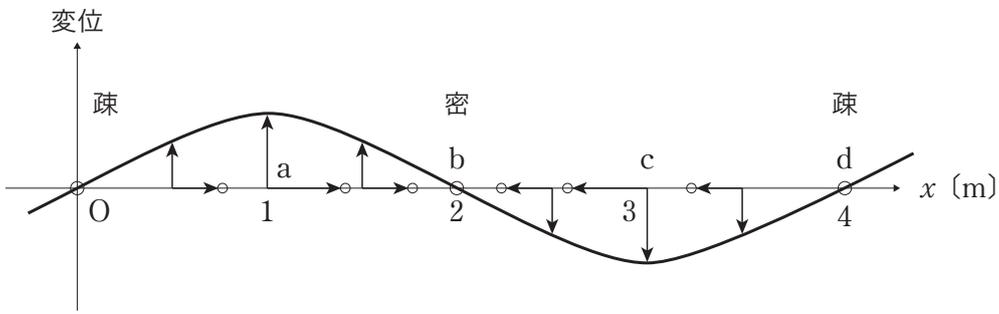
ポイント

・縦波の横波表示

・縦波の横波表示……縦波の変位を 90° 回転させ、横波のように表したものの

〔解〕

図1は縦波の媒質の変位を、 x 軸の正の向きの変位を正として 90° 回転させて表したものであるから、変位の向きを x 軸の向きに戻すと、次図のようになる。



よって、原点 O の位置と d の位置では媒質が遠ざかるように分布しているので疎となり、 b の位置では媒質が近づくように分布しているので密となる。したがって、最も密となる位置は **b のみ** である。

よって解答は②。

◆ Check!!

縦波

縦波は、媒質が密な部分（密部）と疎な部分（疎部）のくり返しが伝わるので、疎密波ともいわれる。

B

問3 8 正解は⑤

難易度 ★★☆☆☆

解説

ポイント

・変圧器の電圧とコイルの巻き数

・変圧器の電圧とコイルの巻き数の関係…… $V_1 : V_2 = N_1 : N_2$

〔解〕

変圧器では、1次コイル側の電圧と2次コイル側の電圧の比はコイルの巻き数の比に等しいので、それぞれの電圧を V_1 、 V_2 〔V〕とすると

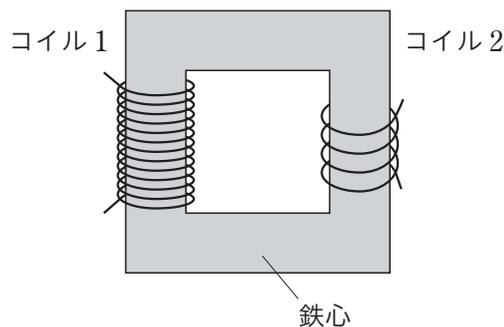
$$V_1 : V_2 = N_1 : N_2$$

が成り立つ。したがって

$$100 \text{ V} : V_2 = 10 : 1$$

$$\therefore V_2 = 10 \text{ V}$$

よって解答は⑤。



◆ Check!!

変圧器の仕組み（「物理」の範囲）

変圧器は、電磁誘導を利用して交流の電圧を変える装置である。変圧器は、巻き数が異なるコイルを共通の鉄心に巻き付けた構造をしている。1次コイルに交流電流が流れると、鉄心内部には磁場が生じる。交流は大きさと向きが連続的に変化するため、鉄心内の磁場（磁束）も変化し、電磁誘導が起こる。

1次コイル、2次コイルに生じる誘導起電力をそれぞれ V_1 、 V_2 、コイルの巻き数をそれぞれ N_1 、 N_2 とする。鉄心が共通なので、磁束 Φ も磁束の時間変化 $\Delta\Phi/\Delta t$ も両方のコイルに共通であるから

$$V_1 = -N_1 \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$V_2 = -N_2 \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

となる。よって、電圧の比 $V_1 : V_2$ は

$$V_1 : V_2 = \left(-N_1 \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right) : \left(-N_2 \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right) = N_1 : N_2$$

となる。

問 4 9 正解は⑧

難易度 ★★★★★☆

解説

ポイント

・電力

・電力…… $P = IV = \frac{V^2}{R} = I^2R$

(解)

一般に、電圧 V 、電流 I のとき、抵抗値 R の抵抗で消費される電力 P は

$$P = IV = \frac{V^2}{R} = I^2R$$

である。

発電所が送電線に送り出す電圧が V 、電流が I のとき、その電力 P_0 は $P_0 = IV$ と表される。

発電所から送電線に送り出される電圧は V であるが、送電線以外の部分（各家庭等）にも電圧がかかるため、送電線にかかる電圧は V より小さくなる。それに対して送電線を流れる電流は I であるから、抵抗値 R の送電線で消費される電力 P_1 は $P_1 = I^2R$ となる。したがって、同じ電力量を送るとき、送電線での電力損失を小さくするには、送電線に流れる電流（＝発電所から送電線に送り出される電流） I を小さくすればよい。電力 P_0 が一定のとき、電流 $I = P_0/V$ を小さくするためには、電圧 V を高くして送電すればよい。

よって解答は⑧。

(制作：森田涼介，森本亮太)

2016年度 センター試験 本試験 物理基礎

第3問 力学的エネルギー保存 / 鉛直投げ上げ

出題範囲	力学的エネルギー保存則 / 鉛直投げ上げ
難易度	★★☆☆☆
所要時間	8分
傾向と対策	第3問Aは、典型的な力学的エネルギー保存則の問題。問1ではばねを自然の長さから x だけ縮めたときと小物体がばねから離れて水平面上を運動するときで力学的エネルギーが保存されることを利用する。問2では、小物体が水平面上を運動するときと点Aで静止するときで力学的エネルギーが保存されることを利用する。
	第3問Bは、鉛直投げ上げの標準的な問題。公式を使えるようになっていればよい。問3は最高点での速度が0になることに気づけば易しい。問4は加速度の向きに気をつければ等加速度直線運動の公式から放物線（二次関数）が得られる。

A

問1 10 正解は⑤

難易度 ★★☆☆☆

解説

ポイント

- ・力学的エネルギー保存則
- ・弾性エネルギー
- ・運動エネルギー

・力学的エネルギー保存則…… (弾性エネルギー) + (運動エネルギー) + (重力による位置エネルギー) = 一定

・弾性エネルギー…… $\frac{1}{2}kx^2$

・運動エネルギー…… $\frac{1}{2}mv^2$

(解)

ばねを自然の長さから x だけ縮めたときのばねの弾性エネルギー（弾性力による位置エネルギー）は $\frac{1}{2}kx^2$ である。小物体がばねから離れて水平面上を運動するとき、小物体のもつ力学的エネルギーは運動エネルギー $\frac{1}{2}mv^2$ だけであるから、力学的エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mv^2$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{k}{m}}x$$

である。

よって解答は⑤。

問 2 11 正解は④

難易度 ★★☆☆☆

解説

ポイント

・重力による位置エネルギー

・重力による位置エネルギー…… mgh

〔解〕

小物体が斜面上の水平面からの高さ h の点で速さ 0 となる時、小物体のもつ力学的エネルギーは重力による位置エネルギー mgh だけであるから、力学的エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh$$

$$\therefore h = \frac{v^2}{2g}$$

である。

よって解答は④。

◆ Check!!

力学的エネルギー保存則が成り立つ条件

力学的エネルギー保存則が成り立つのは、保存力のみが仕事をするときである。保存力とは、その力のする仕事を経路によらない力である。例えば、なめらかな斜面上の床からの高さが h の地点に質量 m の物体があるとする。この物体が斜面を床まで滑り落ちるとき、重力のする仕事は、重力加速度を g として mgh と表せる。斜面の角度を変えても、重力のする仕事は mgh のままである。このように、重力のする仕事は経路によらないので、重力は保存力である。保存力の例として、重力のほかには弾性力、静電気力などがある。これに対し、仕事を経路によって異なる力を非保存力という。非保存力の例としては摩擦力などがある。

本問の場合、小物体にはたらく力は、重力、ばねの弾性力、そして面から受ける垂直抗力である。このうち保存力であるのは重力とばねの弾性力、非保存力であるのは垂直抗力である。ところが、垂直抗力は常に小物体の進行方向と垂直にはたらくので、小物体に対して仕事をしない。なぜなら、仕事は力と移動距離の内積で表わされ、力と進行方向が垂直ならば常に仕事は0だからだ。したがって、本問の場合、仕事をするのは保存力のみであるから、力学的エネルギー保存則が成り立つ。

B

問3 12 正解は②

難易度 ★★★☆☆

解説

ポイント

・等加速度直線運動

・等加速度直線運動…… $v = v_0 + at$

(解)

鉛直上向きを正にとる。

時刻 t での速度を v とすると、小物体は初速度 v_0 、加速度 $-g$ の等加速度直線運動をするから

$$v = v_0 - gt$$

である。時刻 t_1 で小物体が最高点に到達したとき、小物体の速さは0であるから

$$0 = v_0 - gt_1$$

$$\therefore t_1 = \frac{v_0}{g}$$

である。

よって解答は②。

問4 13 正解は④

難易度 ★★★☆☆

解説

ポイント

・等加速度直線運動

・等加速度直線運動…… $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$

(解)

時刻 t での小物体の地面からの高さ y は、等加速度直線運動の式より

$$y = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$$

である。これは上に凸の放物線なので、選択肢のうち最も適当なものは④である。

注) 小物体の高さの時間変化

時刻 t_2 で地面に落下したとき、 $y = 0$ であるから

$$0 = v_0 t_2 - \frac{1}{2} g t_2^2$$

$$\therefore t_2 \left(\frac{1}{2} g t_2 - v_0 \right) = 0$$

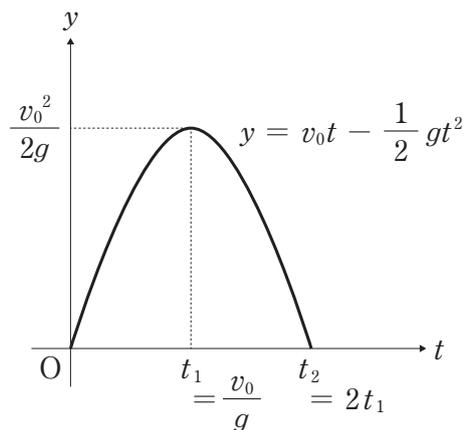
$t_2 > 0$ だから

$$t_2 = \frac{2v_0}{g}$$

であり、 $t_2 = 2t_1$ であることがわかる。また

$$y = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 = -\frac{1}{2} g \left(t - \frac{v_0}{g} \right)^2 + \frac{v_0^2}{2g}$$

であるから、最高点 $y = \frac{v_0^2}{2g}$ に到達するのは時刻 $t_1 = \frac{v_0}{g}$ であり、問3の解答と一致する。



(制作：森田涼介，森本亮太)