

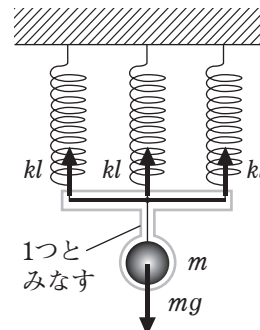
2020 年度大学入試センター試験 解説 〈物理基礎〉

第 1 問 小問集合

問 1 3つのばねに吊り下がった部分を 1つとみなせば、これにはたらく力は右図のようになる。次のように力のつり合いを記述すれば、求めるばねの伸び l を得ることができる。

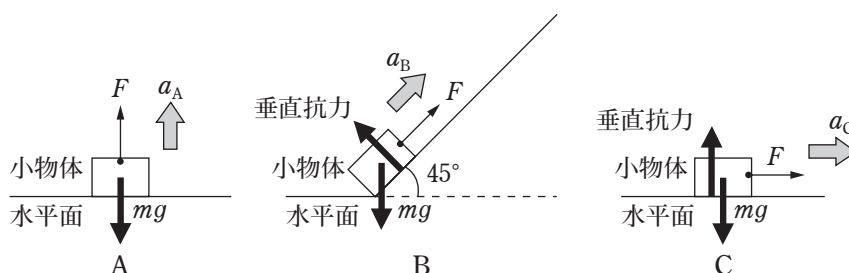
$$3kl = mg \quad \therefore l = \frac{mg}{3k}$$

(答) 1 …①



問 2 静止からはじまる等加速度直線運動の場合、加速度の大きさを a とすれば時間 t 後の速さは、 $v = at$ だから、質量を m とすれば運動エネルギーは、 $K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}ma^2t^2$ となる。したがって、同じ 1 秒後で比較する場合、加速度の大きさ a が大きいほうが運動エネルギー K も大きくなる。

A, B, C の 3 つの場合において小物体にはたらく力は次図の通り。



生じる加速度の大きさをそれぞれ a_A , a_B , a_C とすると、それぞれの運動方程式より、

$$ma_A = F - mg \quad \therefore a_A = \frac{F}{m} - g$$

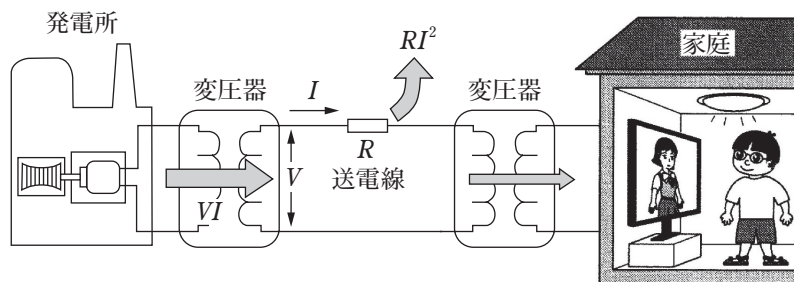
$$ma_B = F - mg\sin 45^\circ \quad \therefore a_B = \frac{F}{m} - \frac{g}{\sqrt{2}}$$

$$ma_C = F \quad \therefore a_C = \frac{F}{m}$$

これらを比較すれば、 $a_C > a_B > a_A$ であるから、それぞれの場合における 1 秒後の運動エネルギー K_A , K_B , K_C の大小関係は、 $K_C > K_B > K_A$ となる。

(答) 2 …⑥

問3 送電線の抵抗を R 、送電線を通る電流（送電電流）を I とすると、送電線での消費電力は $P = RI^2$ で表せるため、電力の損失 P を小さくするためには送電電流 I を小さく（答イ）しなければならない。発電所と送電線の間の変圧器において送電線側の電圧（送電電圧）を V とすると、送電線より先に供給される電力は VI で表せる。発電所から送られる電力は一定であり、発電所から変圧器に送られる電力と変圧器から送電線より先に送り出される電力は等しいため VI は一定である。したがって、送電の電流 I を小さくするためには送電電圧 V を高く（答ア）しなければならない。



日常的に利用している変圧器のほとんどは電磁誘導を原理として変圧している。電磁誘導は磁場の変化が引き起こす現象であるため、一定の電流となる直流は変圧が難しい。一方、交流（答ウ）は電流が時間変化するため、電磁誘導による変圧が容易である。

（答） 3 …④

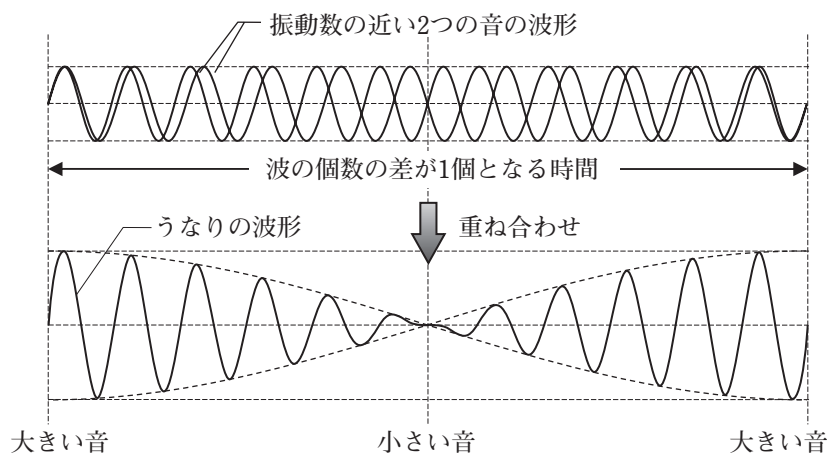
問4 振動数が f_1 と f_2 の2つの音を同時に聞くと単位時間あたり、 $n = |f_1 - f_2|$ 回のうなりを観測する。うなりの周期 T は n の逆数として、

$$T = \frac{1}{n} = \frac{1}{|f_1 - f_2|} = \frac{1}{445 \text{ Hz} - 440 \text{ Hz}} = \underline{0.2} \text{ s} \quad (\text{答エ})$$

となる。振動数とは単位時間あたりに出る波の数であるから、時間 0.2 s においておんさ A から出る波の数は、 $445 \text{ Hz} \times 0.2 \text{ s} = 89$ 個。おんさ B から出る波の数は、 $440 \text{ Hz} \times 0.2 \text{ s} = 88$ 個。したがってこれらの差は 1（答オ）個である。

（答） 4 …③

次図からわかるように、波の個数の差が1個となる時間につき1回のうなりを観測する。むしろこのことから、 $n = |f_1 - f_2|$ の式が導かれる。



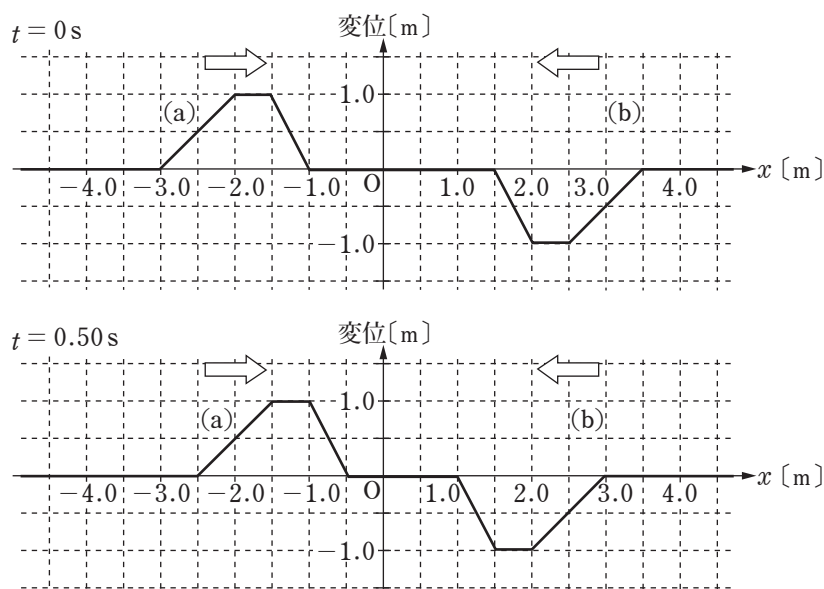
- 問5 ①：1気圧での水の沸点はおよそ $100^{\circ}\text{C} = 373\text{ K}$ であるため不適。
- ②：融点で物質が固体から液体に変化する際に吸収される熱は融解熱と呼ばれ、潜熱のひとつであるため適する。
- ③：気体の内部エネルギーの変化は、外部から気体に加えられた熱量と気体にされた仕事の和に常に等しい(熱力学第1法則)ため不適。
- ④：高温の物体と低音の物体を接触させたとき、物体間の温度差が減少する向きに熱は移動する(熱力学第2法則)ため不適。
- ⑤：あらい面上を動く物体が摩擦熱を発生し静止する現象は、物体に熱を加えて元の速度に戻すことはできないので不可逆変化である(熱力学第2法則)。よって不適。

(答) 5 …②

第2問 波動・電気

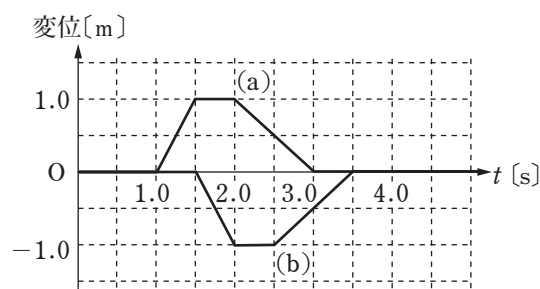
A 波動

問1 与えられた図1(次図)よりいずれの波も時間0.50 sで0.50 m進んでいるため、波の速さは1.0 m/sである。

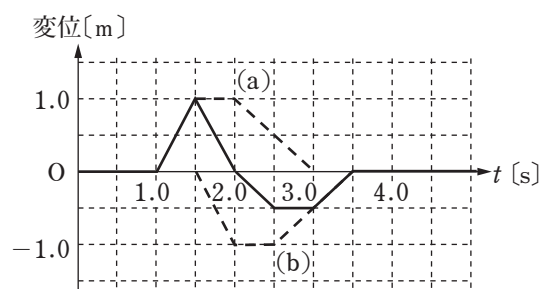


(答) 6 …③

問2 波(a)の先端は時刻 $t = 1.0$ sに、波(b)の先端は時刻 $t = 1.5$ sに原点 $x = 0$ に達し、これ以降、原点では次図のようにそれぞれの波の変位を観測する。



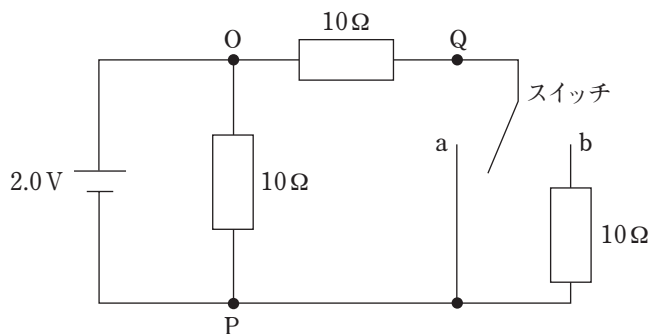
重ね合わせの原理より、これらの合成波の変位は次図の実線の通りである。



(答) 7 …⑤

B 電気

問3 OP 間には直流電源によって 2.0 (答ア) V の電圧が与えられている。スイッチがどちらにも接続されていない場合、OQ 間の抵抗を流れる電流は 0 である。したがって、この抵抗の電圧降下は 0 (答イ) V となる。



(答) 8 …⑦

問4 スイッチを a 側に接続した場合の回路全体での合成抵抗値 R_1 は、 $10\ \Omega$ の 2 つの抵抗の並列合成として、

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{10\ \Omega} + \frac{1}{10\ \Omega} \quad \therefore R_1 = 5\ \Omega$$

となる。直流電源の電圧は、 $V = 2.0\ \text{V}$ なので、回路全体での消費電力 P_1 は、

$$P_1 = \frac{V^2}{R_1} = \frac{(2.0\ \text{V})^2}{5\ \Omega} = \underline{0.80\ \text{W}} \quad (\text{答ウ})$$

となる。スイッチを b 側に接続した場合の回路全体での合成抵抗値 R_2 は、OQ 間と bP 間にある $10\ \Omega$ の 2 つの抵抗の直列合成抵抗 $20\ \Omega$ と、OP 間にある $10\ \Omega$ の抵抗との並列合成として、

$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{10\ \Omega} + \frac{1}{20\ \Omega} \quad \therefore R_2 = \frac{20}{3}\ \Omega$$

となる。よって回路全体での消費電力 P_2 は、

$$P_2 = \frac{V^2}{R_2} = \frac{(2.0\ \text{V})^2}{\frac{20}{3}\ \Omega} = 0.60\ \text{W} \quad \therefore P_2 < P_1$$

となる。したがってスイッチを b 側に接続すると回路全体での消費電力は 小さく (答エ) なる。

(答) 9 …⑧

第3問 力学・運動

A 力学

問1 ゴムひもの弾性力は、ゴムひもが自然の長さ l に達するまではたらないため、この過程は重力のみの自由落下である。初速 0 で放して、時間 t の間に重力加速度 g で距離 l だけ落下したのだから、等加速度運動の式より以下になる。

$$l = \frac{1}{2}gt^2 \quad \therefore t = \sqrt{\frac{2l}{g}}$$

(答) 10 …⑤

問2 最下点を重力の位置エネルギーの基準とする。

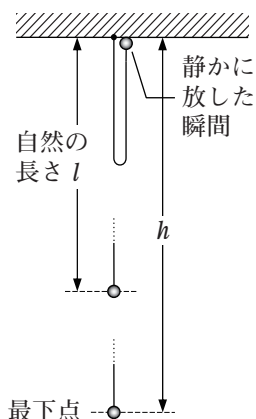
静かに放した瞬間において、小球は静止しているから小球の運動エネルギーは 0、基準からの小球の高さは h だから重力の位置エネルギーは mgh 、ゴムひもは緩んでいるからゴムひもの弾性力の位置エネルギーは 0 である。

最下端に達した瞬間において、小球は静止しているから小球の運動エネルギーは 0、小球は基準の高さにあるから重力の位置エネルギーは 0、ゴムひもは $h-l$ だけ伸びているからゴムひもの弾性力の位置エネルギーは $\frac{1}{2}k(h-l)^2$ である。

これらの状態間に力学的エネルギー保存の法則を用いれば小球の質量が得られる。

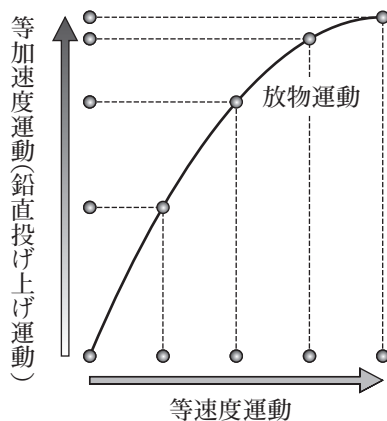
$$mgh = \frac{1}{2}k(h-l)^2 \quad \therefore m = \frac{k(h-l)^2}{2gh}$$

(答) 11 …⑤



B 運動

問3 斜方投射では小球は放物運動（上に凸の2次関数のグラフに沿った運動）をする。次図のように、放物運動は水平方向の等速度運動、鉛直方向の等加速度運動（鉛直投げ上げ運動）の合成運動である。



設問に与えられたとおり，小球の水平方向の運動は速さ $\frac{v}{2}$ の等速度運動である。小球は壁に到達するまでの時間 t で l だけ水平に進んだことから，

$$l = \frac{v}{2}t \quad \therefore t = \frac{2l}{v}$$

(答) 12 …⑥

問4 設問に与えられたとおり，小球の鉛直方向の運動は初速度 $\frac{\sqrt{3}}{2}v$ ，加速度 $-g$ の等加速度運動である。最高点に達する時間 t' は最高点で小球が静止することから，

$$0 = \frac{\sqrt{3}}{2}v - gt' \quad \therefore t' = \frac{\sqrt{3}v}{2g}$$

となる。この時間で高さ h に達することから，

$$h = \frac{\sqrt{3}}{2}vt' - \frac{1}{2}gt'^2 = \frac{3v^2}{8g}$$

が得られる。

(答) 13 …③

前問で得た時間 t とここで得た時間 t' が等しいことこそが「最高点で壁に衝突するための条件」なのだが，前問の時間 t を用いて計算すると l を含む解が得られるため，選択肢に適さない。