

第1問

問1 直観的に速さを足せばいいとわかりますが、丁寧に考えておきます。図1の右向きを正、電車A、Bの速度をそれぞれ v_A 、 v_B とすれば、 $v_A = +10 \text{ m/s}$ 、 $v_B = -15 \text{ m/s}$ 。Aに対するBの相対速度は $v_{AB} = v_B - v_A = -25 \text{ m/s}$ より左向きに速さ25 m/sとなります。次に、「乗客」の真横をBが通過する時間は（Bの先頭～最後尾の長さ）÷（相対速度の大きさ） $= 100 \text{ m} \div 25 \text{ m/s} = 4.0 \text{ s}$ 。電車Aの長さは関係ありません。乗客を固定して、電車Bが25 m/sで通過すると考えればいいでしょう。□1の正解は⑦。

問2 時刻 $t = 0$ では、おもりは静止しているので $F = mg$ です。 $0 < t < t_1$ でも $F = mg$ ですから、おもりは静止を続けます。 $t_1 < t < t_2$ では、 $F = F_1 (> mg)$ とおけば、おもりにはたらく力の合力は上向きに $F_1 - mg$ で一定ですから、上向きに**等加速度運動**をする。 $t = t_2$ での速度を v_2 とします。 $t_2 < t$ では再び $F = mg$ となりますが、今度は**慣性の法則**により v_2 で**等速度運動**をします。□2の正解は④。

問3 グラフの縦軸（エネルギー）を E で表します。小球の質量を m 、重力加速度を g とすれば、重力による位置エネルギーは $E = mgy$ となり、 y に比例します。小球の全力的エネルギー = 投げ上げ時に与えられた運動エネルギー …★は保存されるので、上昇するときも下降するときも、運動エネルギーは全力的エネルギーから位置エネルギーを差し引いたものになります。グラフは直線となり、□3の正解は④です。
★の値を E_0 とすれば、運動エネルギーは $E = E_0 - mgy$ と表されます。

問4 横波での山～山または谷～谷のように、振動の状態が等しい（位相が同じ）隣り合う2点間の距離を波長といいます。縦波であれば、密～密や疎～疎の距離など。図5の縦波では波長は L 、また周期は T ですから、媒質を伝わる速さは（振動数）×（波長） $= (1/\text{周期}) \times (\text{波長}) = L / T$ 。次に、媒質の変位がすべて左向きなのは、図5に見るとおりaの部分です。□4の正解は⑤。

第2問

A 水の上昇温度 \propto 電熱線の発熱量 \propto 電熱線の消費電力 です。上昇温度が大きかったということは、電熱線の消費電力が大きかったということになります。電熱線の抵抗を R 、かかる電圧を V 、流れる電流を I 、消費電力を P とします。

問1 直列回路では電流 I が共通で（アは誤り）、消費電力は $P = VI = RI^2$ と表されます。電熱線Aのほうが消費電力が大きかったのですから、抵抗はAのほうが大きく（イは誤り）、電圧もAのほうが大きかった（ウは正しい）。□5の正解は③。

問2 並列回路では電圧 V が共通で（ウは誤り）、消費電力は $P = VI = V^2 / R$ と表されます。電熱線Cのほうが消費電力が大きかったのですから、抵抗はCのほうが小さく（イは正しい）、電流はCのほうが大きかった（アは正しい）。□6の正解は④。

B 家庭で使用する100 Vの交流は $100\sqrt{2} \text{ V} \sim -100\sqrt{2} \text{ V}$ の間で時々刻々と変動し、抵抗に応じて電流も同様に変動します（瞬時値）。この最大値を $\sqrt{2}$ で割った値（電圧なら100 V）を**実効値**といい、実効値を用いれば、抵抗を接続したときの電流と電圧の関係も、電力も、直流の場合と同様に計算することができます。

問3 これは「当たり前」でいいでしょう。□7の正解は④。

問4 電熱線に流れる電流は $100 \text{ V} \div 10 \Omega = 10 \text{ A}$ 。電力量 = 電力 × 時間 $= 100 \text{ V} \times 10 \text{ A} \times 120 \text{ s} = 1.2 \times 10^5 \text{ J}$ 。□8、□9の正解は①、②。

第3問

問1 比熱（比熱容量）は、単位質量（1g など）の物質の温度を 1K だけ上昇させるのに必要な熱量。比熱の大きい物質ほど温まりにくい（かつ冷めにくい）と言えます。

10 …初めの温度 60.0 °C に対して、スプーンBのほうがわずかに温度低下が小さいので、BのほうがAよりも冷めにくいと言えます。すなわち比熱は大きいので、正解は①。なお、A、B、水の比熱（単位は $J/(g \cdot K)$ ）を a 、 b 、 c として計算で確かめると、熱量の保存の関係（高温の物体から出た熱量＝低温の物体に入った熱量）は

$$\begin{aligned} \text{Aで} \quad & 100 \text{ g} \times a \text{ J/(g} \cdot \text{K)} \times (60 - 20.6) \text{ K} = 200 \text{ g} \times c \text{ J/(g} \cdot \text{K)} \times (20.6 - 20) \text{ K} \\ \therefore \quad & a \doteq 0.0304 c \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bで} \quad & 100 \text{ g} \times b \text{ J/(g} \cdot \text{K)} \times (60 - 20.7) \text{ K} = 200 \text{ g} \times c \text{ J/(g} \cdot \text{K)} \times (20.7 - 20) \text{ K} \\ \therefore \quad & a \doteq 0.0356 c \end{aligned}$$

11, 12 …スプーンから移動する熱量に対して水の温度上昇を大きくする方向で考えればいいでしょう。水の量が少ないほど、またスプーンと水の温度差が大きいほど、水の温度上昇は大きくなり、結果の違いがより大きくなります。正解は順に②, ①。

問2 スプーンA、Bの質量をともに m 、重力加速度を g とすると、A、Bにはたらく重力の大きさはともに mg で、これは空気中でも水中でも変わらない。次に、水中でA、Bにはたらく浮力（鉛直上向き）を f_A 、 f_B とすると、重力と浮力の合力（下向き）はAで $mg - f_A$ 、Bで $mg - f_B$ 。Aが下がり容器の底についたのは、Aのほうがこの合力が大きかったためですから、 $mg - f_A > mg - f_B$ 。よって $f_A < f_B$ が得られます。

アルキメデスの原理：浮力＝水の密度×体積×重力加速度 より、浮力が大きいのは体積が大きいためです。13, 14, 15 の正解は順に③, ①, ①。

問3 図3で針金Bのグラフは（電圧 0.4 V、電流 0.1 A）付近を通っているの、抵抗はおよそ 4 Ω。16 の正解は③。グラフが（電圧 0.41 V、電流 0.1 A）を通ると見ればよいですね。次に、抵抗 R は抵抗率 ρ 、断面積 S 、長さ l を用いて $R = \rho l / S$ と書けますから、 $\rho = RS / l$ 。16 の正解は④。