

第1問

問1 3つの箱は一体となって右向きに一定の加速度で運動しているので、各々にはたらく力の大きさは一定です。Aを水平右向きに押す力を F とします。Aには F と f_1 の反作用が、Bには f_1 と f_2 が、Cには f_2 の反作用がそれぞれはたらいているので、A、B、Cの質量をそれぞれ m_A 、 m_B 、 m_C 、また F 、 f_1 、 f_2 の大きさをそれぞれ(そのまま) F 、 f 、 f_2 と書くことにし、A～Cの共通の加速度(一定)を a とすると、A～Cの運動方程式は次のようになります：

$$A \cdots m_A a = F - f_1$$

$$B \cdots m_B a = f_1 - f_2$$

$$C \cdots m_C a = f_2$$

各式の左辺は正ですから、 $F > f_1$ 、 $f_1 > f_2$ となります。**1**の正解は②。なお、3つの運動方程式から a を求めると、 $a = F / (m_A + m_B + m_C)$ 。

問2 ばねA、Bのばね定数をそれぞれ k_A 、 k_B とする。ばね定数(単位 N/m)は「ばねを単位長さだけのばすのに必要な力の大きさ」ですから、 $k_B = (1/2)k_A$ です。すると、ばねA、Bの弾性力による位置エネルギーをそれぞれ、 U_A 、 U_B とすると、

$$U_A = (1/2) \times k_A \times a^2 = (1/2) k_A a^2$$

$$U_B = (1/2) \times k_B \times (2a)^2 = (1/2) \times (1/2)k_A \times 4a^2 = k_A a^2$$

よって $U_B = 2U_A$ となります。**2**の正解は⑤。

問3 容器内の気体の内部エネルギーの変化を ΔU とすると、熱力学の第一法則により、 $Q = \Delta U + W$ が成り立ちます。 $\Delta U > 0$ ですから $Q > W$ です。**3**の正解は③。

問4 ギターの音の振動数を f Hzとすると、 $f < 440$ 、 $|f - 440| = 2$ より、 $f = 438$ [Hz]。次に、弦を伝わる波の速さを v m/s、4倍音の波長を λ mとすると、振動数が f Hzのとき $f = v / \lambda$ です。 λ は一定なので、 f を大きくするには v を大きくすればよく、そのためには張力を大きくしていけばよいとわかります。**4**の正解は④。

(およそ弦楽器というものは弦の張り方を強くすれば音が高くなるようにできていますから、後半は自明ですね)

第2問

問1 小球は水平方向には等速度運動をし、0.1秒間に0.39 m進んでいます。時刻0.3 sでの位置は $0.39 \times 3 = 1.17$ [m]。小球の4つ目の位置の水平方向の目盛りを読んでもいいでしょう。**5**の正解は④。

問2 小球は鉛直方向には自由落下と同じ運動をしています。その速さは時刻に比例するので、**6**の正解は①。

問3 鉛直方向に自由落下と同じ運動をする点はどこの場合も同じですから、床に到達するまでの時間も等しくなります。**7**の正解は④。また、床を位置エネルギーの基準面とすると、力学的エネルギー保存の法則より、(射出時の位置エネルギー) + (射出時の運動エネルギー) = (床に到達した時の運動エネルギー)であり、3つの場合の射出時の位置エネルギーは共通、運動エネルギーはイのときが最大ですから、床に到達したときの運動エネルギー、したがって速さはイの場合が最大です。**8**の正解は②。

問4 小球A、Bが同時に運動を始めてから床に到達するまでの時間を T とします。小球Aについて、落下した距離 h は $h = (1/2)gT^2$ と表されるので、これより $T = \sqrt{2h/g}$ …★を得ます。次に小球Bについて、時刻 t における鉛直方向の位置を y とすると、 $y = V_0 t - (1/2)gt^2$ 。ここで $y = 0$ 、 $t = T$ を代入すれば、 $T \neq 0$ より

$V_0 = (1/2) g T$ 。これに★を代入して、 $V_0 = \sqrt{gh/2}$ となります。9 の正解は⑥。
なお、各選択肢の次元は、①と④が [T]、②と⑤が [T⁻¹]、③と⑥が [LT⁻¹] なので、
③と⑥に絞ることができます。

問5 小球Bは最高点に達した後は自由落下をするので、最高点に達したときに小球Aと
同じ高さにはなくてはなりません。小球Aはそれまでにも落下しているのですから、
 $h > h_B$ です。次に、小球が床に達する時点でもつ運動エネルギーは、最高点での位置
エネルギーに等しいので、自由落下を始めた高さの大きい小球Aのほうが大きいこと
になります。10 の正解は⑦。

念のため計算しておきましょう。小球の質量を m とします。小球Aについては、 K_A
= (落下を始めたときの位置エネルギー) = mgh 。小球Bについては、 K_B = (最高点
での位置エネルギー) = (投げ上げた時の運動エネルギー) = $(1/2) m V_0^2 = (1/4) mgh$
です。

第3問

問1 11 の正解は①。12 の正解は④。

問2 図2より、風速 10 m/s ~ 15 m/s のときの出力を 18 kW と読んで差し支えありませ
ん。(電力量) [kWh] = (電力) [kW] × 時間 [h] より、1日に発電する電力量はおよ
そ 18×24 [kWh] となりますから、一般家庭の1日の消費電力量のおよそ24倍です。
13 の正解は⑥。

問3 送電する電圧が V 、電流が I 、送電線の抵抗が r であるとき、送電線の抵抗でジュ
ール熱となって失われる電力、すなわち電力損失は rI^2 と表されます。 r は一定ですか
ら、電力損失を 10^{-6} 倍にするためには、 I を 10^{-3} 倍にすればよい。また、送電する電
力は VI で表され、これを同じに保つためには、 V を 10^3 倍にしなければなりません。
14 の正解は②、15 の正解は③。

問4 コイル中の磁場の変動によってコイルに変動する電圧が発生する現象は電磁誘導。
次に、変圧器の書き数と電圧との間には $V_1 : V_2 = N_1 : N_2$ という関係が成り立つので、
 $V_2 = (N_2 / N_1) V_1$ となります。16 の正解は⑥。