

以下の 1 から 26 にあてはまる答えを各解答群から1つ選び、解答用紙(マークシート)にマークせよ。ただし、同じ答えをくりかえし選んでもよい。

I (1) 図1のように、なめらかな水平

な床の上に、質量 M の L 字型の台が置かれている。台の上の面は水平であり、台上の壁 A は台の上の面に対して垂直である。壁 A から台の端の B 点までの距離を L_0 とする。また、B 点に一致する床の点を O 点とする。いま、大きさが無視できる質量 $m (M > m)$ の小球を B 点から壁 A に向けて、速度 $v_0 (> 0)$ で動かした。台と小球の間の摩擦はないものとする。また、小球の初速度の向きを正とする。以下の問いに答えよ。

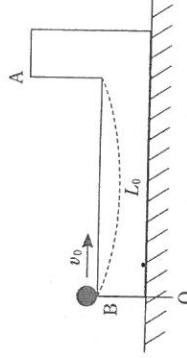


図1

小球が壁 A と弾性衝突したとき、台は床面から離れることなく水平に動いた。このとき床に対する台の速度は、1 $\times v_0$ である。

小球が壁 A に衝突してから B 点に到達するためにかかる時間は 2 であるから、小球が B 点に到達した時に B 点は O 点から距離 3 $\times L_0$ だけ離れている。このとき、床に対する小球の速度は 4 $\times v_0$ である。

1 の解答群

- ① $\frac{m}{M+m}$ ② $\frac{2m}{M+m}$ ③ $\frac{m}{M}$ ④ $\frac{M}{M+m}$
- ⑤ $\frac{2m}{M}$ ⑥ $\frac{2M}{M+m}$ ⑦ $\frac{m}{2M}$ ⑧ $\frac{2m}{M+2m}$

2 の解答群

- ① $\frac{v_0}{L_0}$ ② $\frac{L_0}{v_0}$ ③ $\frac{L_0}{mv_0}$ ④ $\frac{L_0}{Mv_0}$
- ⑤ $\frac{mv_0}{L_0}$ ⑥ $\frac{Mv_0}{L_0}$ ⑦ $\frac{2v_0}{L_0}$ ⑧ $\frac{v_0}{2L_0}$

3 の解答群

- ① $\frac{2m}{M+m}$ ② $\frac{2m}{M}$ ③ $\frac{2M+m}{M+m}$ ④ $\frac{M+2m}{M}$
- ⑤ $\frac{M}{m}$ ⑥ $\frac{m}{2M}$ ⑦ $\frac{M}{2m}$ ⑧ $\frac{m}{M}$

4 の解答群

- ① $\frac{m}{M+m}$ ② $\frac{M}{M+m}$ ③ $\frac{m-M}{M+m}$ ④ $\frac{2m-M}{M}$
- ⑤ $\frac{m-2M}{M}$ ⑥ $\frac{m+M}{2M-m}$ ⑦ $\frac{m+M}{2M-m}$ ⑧ $\frac{m+M}{M-2m}$

(2) 図2のように、なめらかな水平

な床の上に、質量 M 、長さ L の平らな板が置かれている。質量 $m (M > m)$ の大きさが無視できる物体を板の片方の端から速度 $v (> 0)$ で動かした。重力加速度を g とし、物体と板との間の動摩擦係数を μ' とする。また、物体の初速度の向きを正とする。以下の問いに答えよ。

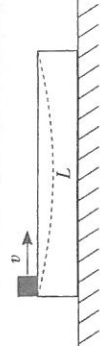


図2

物体が動き出してから t 秒間経過したが、物体はまだ板の上を動いているとする。動き出してから t 秒後の床に対する物体の速度は 5 であり、床に対する板の速度は 6 $\times gt$ であるから、板に対する物体の速度は $v - 7 \times gt$ である。また、板の上を動いている物体が板から落ちないで静止するためには、動摩擦係数 μ' は、 $\mu' \geq 8$ の条件を満たさなければならぬ。この場合、物体が板の上に静止したときの板の床に対する速度は、9 $\times v$ である。

5 の解答群

- ① $v - gt$ ② $v - \mu' gt$ ③ $v - \mu' mgt$ ④ v
- ⑤ gt ⑥ $\mu' v - \mu' gt$ ⑦ $v - 2gt$ ⑧ $\mu' gt$

6 の解答群

- ① $\frac{m}{M}$ ② $\frac{M}{m}$ ③ $\frac{\mu' m}{m+M}$ ④ $\frac{\mu' m}{M}$
- ⑤ $\frac{2\mu' m}{M}$ ⑥ $\frac{\mu' m}{2M}$ ⑦ $\frac{\mu' (m+M)}{m}$ ⑧ $\frac{2m}{M}$

7 の解答群

- ① μ' ② $m\mu' \left(1 + \frac{1}{M}\right)$ ③ $\mu' \left(1 + \frac{m}{M}\right)$
 ④ $\mu' \left(1 + \frac{2m}{M}\right)$ ⑤ $\mu' \left(1 + \frac{m}{2M}\right)$ ⑥ $\mu' \left(1 - \frac{m}{M}\right)$
 ⑦ $\mu' \left(1 + \frac{M}{m}\right)$ ⑧ $\mu' \left(1 - \frac{M}{m}\right)$

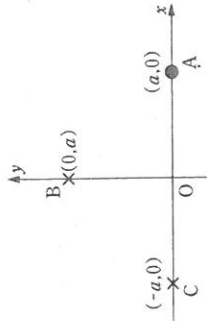
8 の解答群

- ① $\frac{Mv}{mgL}$ ② $\frac{mv}{MgL}$ ③ $\frac{Mv^2}{2g(m+M)L}$
 ④ $\frac{mv^2}{2g(m+M)L}$ ⑤ $\frac{2Mv^2}{g(m+M)L}$ ⑥ $\frac{2mv^2}{g(m+M)L}$
 ⑦ $\frac{Mv^2}{g(m+M)L}$ ⑧ $\frac{mv^2}{g(m+M)L}$

9 の解答群

- ① $\frac{2m}{m+M}$ ② $\frac{m}{M}$ ③ $\frac{m}{2m+M}$ ④ $\frac{m}{m+2M}$
 ⑤ $\frac{m}{m+M}$ ⑥ $\frac{2M}{m+M}$ ⑦ $\frac{2m}{M}$ ⑧ $\frac{M}{m+M}$

II 図のように、 xy 平面上(座標の単位は (m))の点 $A(a, 0)$ に $2Q$ (C)の点電荷が置かれている。また点 B と点 C の位置は、各々 $(0, a)$ と $(-a, 0)$ であるとする。クーロンの法則の比例定数を k ($N \cdot m^2/C^2$)とし、電位の基準点を無限遠として、以下の問いに答えよ。



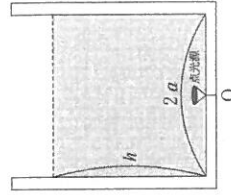
- (1) 点 A に置かれた点電荷が作る電界を考慮してみる。この点電荷が点 B に作る電界の強さは $\boxed{10} \times \frac{kQ}{a^2}$ (N/C)であり、点 B における電位は $\boxed{11} \times \frac{kQ}{a}$ (V)である。もし、点 B に $2Q$ (C)の点電荷を置いたとすると、この電荷が電界から受ける力の大きさは、 $\boxed{12} \times \frac{kQ^2}{a^2}$ (N)である。
- (2) 点 A のみに電荷が置かれている状態で、さらに点 C に $-Q$ (C)の点電荷を置いた。点 A と点 C がある電荷が点 B につくる電界の大きさは $\boxed{13} \times \frac{kQ}{a^2}$ (N/C)であり、点 B における電位は $\boxed{14} \times \frac{kQ}{a}$ (V)である。つぎに図の原点 O に質量 m (kg)、電荷 Q (C)の質点を置いた。この質点は点 A と点 C の電荷から $\boxed{15} \times \frac{kQ^2}{a^2}$ (N)の大きさの力を受けて x 軸上を動きだし、点 D ($-\frac{1}{3}a, 0$)を通過した。点 A と点 C の電荷による点 O の電位は $\boxed{16} \times \frac{kQ}{a}$ (V)で、点 D での電位は $\boxed{17} \times \frac{kQ}{a}$ (V)であるので、点 D を通過したときの質点の速さは $\boxed{18}$ (m/s)である。

10 ~ 17 の解答群

- ① 0 ② $\frac{1}{5}$ ③ $\frac{1}{3}$ ④ $\frac{1}{\sqrt{5}}$ ⑤ $\frac{1}{2}$
 ⑥ $\frac{1}{\sqrt{3}}$ ⑦ $\frac{1}{\sqrt{2}}$ ⑧ $\frac{\sqrt{3}}{2}$ ⑨ 1 ⑩ $\frac{\sqrt{5}}{2}$
 ⑪ $\sqrt{\frac{3}{2}}$ ⑫ $\sqrt{\frac{5}{3}}$ ⑬ $\sqrt{2}$ ⑭ $\sqrt{3}$ ⑮ 2
 ⑯ $\sqrt{5}$ ⑰ $2\sqrt{2}$ ⑱ 3 ⑲ 4 ⑳ 5

18 の解答群

- ① $\frac{2kQ^2}{ma}$ ② $\frac{kQ^2}{ma}$ ③ $\frac{3kQ^2}{ma}$ ④ $\frac{3kQ^2}{2ma}$
 ⑤ $\sqrt{\frac{2kQ^2}{ma}}$ ⑥ $\sqrt{\frac{kQ^2}{ma}}$ ⑦ $\sqrt{\frac{3kQ^2}{ma}}$ ⑧ $\sqrt{\frac{3kQ^2}{2ma}}$



III 図のように、底面の内径が $2a$ である円筒形ガラスで出来た水槽に、液体が底から高さ h の位置まで入っている。ただし、液体及びガラスの絶対屈折率をそれぞれ n_1, n_2 ($n_1 < n_2$)とし、真空中の光速を c として、以下の問いに答えよ。

- (1) 真空中における波長 λ_0 の点光源を、水槽の底の中心 O に置いた。この光の液体中での波長は $\boxed{19}$ 、光速は $\boxed{20}$ 、そして振動数は $\boxed{21}$ である。
- (2) 光源からどこにも反射せずに水槽の側面にとどいた光を、ガラスの外側から観測した。光源からどこにも反射せずに液体中を通過した光が、底からの高さ l ($l < h$) よりも低い位置でガラスに入射した場合は、この光を観測することができた。しかし、それ以上の高い位置でガラスに入射した場合は、全反射のために光を観測することができなかった。液体に対するガラスの屈折率は $\boxed{22}$ なので、 $l = \boxed{23}$ であることがわかる。
- (3) 一方、この光源を水槽のほぼ真上から観測したところ、この光源は浮き上がって見え、水面から光源までの見かけの深さは $\boxed{24}$ となる。また、光源の真上の水面に半径が a より小さく、 $\boxed{25}$ を超える円形の板を浮かべたところ、光源の光は上から見えなくなった。
- (4) (2)と(3)の観測結果から、 n_1 は $\boxed{26}$ より大きくなければならぬことがわかる。

(解答番号 1 ~ 43)

19 の解答群

- ① λ_0 ② $n_1 \lambda_0$ ③ $\frac{\lambda_0}{n_1}$ ④ $\sqrt{n_1} \lambda_0$
 ⑤ $\frac{\lambda_0}{\sqrt{n_1}}$ ⑥ $\frac{\lambda_0}{\sqrt{n_1-1}}$ ⑦ $(n_1-1)\lambda_0$ ⑧ $(n_1-1)^2 \lambda_0$

20 の解答群

- ① c ② $n_1 c$ ③ $\frac{c}{n_1}$ ④ $\sqrt{n_1} c$
 ⑤ $\frac{c}{\sqrt{n_1}}$ ⑥ $\frac{c}{\sqrt{n_1-1}}$ ⑦ $(n_1-1)c$ ⑧ $(n_1-1)^2 c$

21 の解答群

- ① $\frac{\lambda_0}{c}$ ② $\frac{c}{\lambda_0}$ ③ $\frac{n_1 \lambda_0}{c}$ ④ $\frac{n_1 \lambda_0}{c}$
 ⑤ $\frac{c}{n_1 \lambda_0}$ ⑥ $\frac{\lambda_0}{n_1 c}$ ⑦ $\frac{n_1 c}{\lambda_0}$ ⑧ $\frac{n_1 c}{\lambda_0}$
 ⑨ $\frac{(n_1-1)c}{\lambda_0}$ ⑩ $\frac{c}{(n_1-1)\lambda_0}$

22 の解答群

- ① $\frac{n_2}{n_1}$ ② $\sqrt{\frac{n_2}{n_1}}$ ③ $\frac{n_2-n_1}{n_1}$ ④ $\sqrt{\frac{n_2-n_1}{n_1}}$
 ⑤ $\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$ ⑥ $\left(\frac{n_2-n_1}{n_1}\right)^2$ ⑦ 1 ⑧ $\frac{n_2+n_1}{n_1}$

23 , 24 , 25 の解答群

- ① $\frac{2a}{n_1^2-1}$ ② $\frac{a}{n_1^2-1}$ ③ $\frac{2a}{n_1}$ ④ $\frac{a}{n_1}$
 ⑤ $\frac{a}{\sqrt{n_1^2-1}}$ ⑥ $\frac{2a}{\sqrt{n_1}}$ ⑦ $\frac{a}{\sqrt{n_1}}$ ⑧ $\frac{2h}{n_1^2-1}$
 ⑨ $\frac{h}{n_1^2-1}$ ⑩ $\frac{2h}{n_1}$ ⑪ $\frac{h}{n_1}$ ⑫ $\frac{h}{\sqrt{n_1^2-1}}$

26 の解答群

- ① 1 ② $\frac{5}{4}$ ③ $\frac{4}{3}$ ④ $\sqrt{2}$
 ⑤ $\frac{3}{2}$ ⑥ $\frac{5}{3}$ ⑦ $\sqrt{3}$ ⑧ 2

I 次の水素に関する文章〔1〕～〔4〕の空欄 1 ~ 18 にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から一つ選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものをくり返し選んでもよい。原子量は H = 1.0, C = 12, O = 16, Zn = 65, ファラデー定数は $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$, 気体定数は $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{l}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とし、気体はすべて理想気体とする。

〔1〕 原子は、その中心にある 1 個の原子核と、原子核をとりまく電子とからできている。そして、原子核は陽子と中性子とからできている。水素原子の陽子の数は 1 個であり、また、2 に 3 個の電子が入っており、これを価電子と呼ぶ。地球上に存在する水素には、同位体が存在する。質量数 1 および質量数 2 の水素には、それぞれ 4 および 5 個の中性子がある。

1 , 3 ~ 5 の解答群

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6 ⑦ 7
 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 0 ⑪ 10 ⑫ 11 ⑬ 12 ⑭ 13
 ⑮ 14 ⑯ 15 ⑰ 16 ⑱ 17 ⑲ 18 ⑳ 19

2 の解答群

- ① K 殻 ② L 殻 ③ M 殻 ④ N 殻 ⑤ O 殻 ⑥ P 殻

〔2〕 亜鉛 6.5 g に 0.40 mol/l の希塩酸を 400 ml 加えると水素が生成した。生成する水素の最大量は 6 mol である。しかし、次の金属と酸水溶液の組み合わせでは水素は生成しなかった。それぞれの場合における適切な説明を選べ。

金属と酸水溶液の組み合わせ	説明
アルミニウムと濃硝酸	7
銀と希塩酸	8
銅と熱濃硫酸	9

6 の解答群

- ① 0.020 ② 0.040 ③ 0.080 ④ 0.10
 ⑤ 0.16 ⑥ 10 ⑦ 80 ⑧ 160

7 ~ 9 の解答群

- ① 金属は溶解したが気体が生成しなかった。
 ② 金属は溶解したが別の気体が生成した。
 ③ 金属のイオン化傾向が小さいので金属は溶解せず、気体が生成しなかった。
 ④ 金属表面に酸化皮膜が生成したため気体が生成しなかった。

〔3〕 水素は白金を電極とする水の電気分解によっても得られる。たとえば硫酸水溶液を電気分解すると、陰極では 10 に電子が与えられ 11 が生成し、いっぽう、陽極では水分子が白金電極に電子を与えて 12 と 10 が生成する。13 水溶液を用いると、両電極で硫酸水溶液のときと同じ生成物が得られる。水の電気分解で電流量 386 C を流したときに生成する水素の体積は、0℃, $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ で 14 ml である。

10 ~ 12 の解答群

- ① 水素イオン ② 硫酸イオン ③ 水酸化物イオン ④ 水
 ⑤ 水素 ⑥ 酸素 ⑦ 二酸化硫黄

13 の解答群

- ① 塩化銅(II) ② 硫酸銅(II) ③ 水酸化ナトリウム
 ④ 塩化ナトリウム

14 の解答群

- ① 0.022 ② 0.045 ③ 0.090 ④ 0.180
 ⑤ 22 ⑥ 45 ⑦ 90 ⑧ 180

〔4〕 水素は 0℃, $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ の条件では気体で存在する。したがって、水素を運搬する際は金属製ボンベ中に圧縮するか、冷却して液化する必要がある。いずれの場合も多大なエネルギーを必要とする。そこで近年では、水素をメタノールに変換して運搬することが検討されている。メタノールは 0℃, $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ の条件では液体で存在し、その密度は 0.8 g/cm^3 である。ある触媒の存在下、水素を一酸化炭素と反応させるとメタノールが生成する。この反応の反応熱 (201 kJ/mol) および反応にともなう分子数の変化を考慮すると、平衡状態におけるメタノールの生成率は 15 のときに高くなると予測できる。0.25 mol の水素が 0℃, $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ で占める体積は 16 l である。0.25 mol の水素を一酸化炭素と完全に反応させてメタノールとしたとき、0℃ でメタノールが占める体積は 17 l となり、水素が占める体積は 16 l のおよそ 18 倍となる。

15 の解答群

- ① 低温・低圧 ② 低温・高圧 ③ 高温・低圧 ④ 高温・高圧