

物 理

(解答番号 ~)

※物理は「バイオ環境学部」は選択
「工学部」は必須

第 1 問 次の文章中の **1** ～ **6** について、それぞれの選択肢①～⑥のうちから最も近い値を 1 つずつ選びなさい。なお、重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、空気の抵抗は無視できるとする。【解答番号 **1** ～ **6**】

図 1-1 のように、なめらかな水平面上に x 軸があり、原点 O の鉛直上向きを y 軸とし、 y 軸上で原点 O からの高さ h [m] の点を A とする。この点 A から質量 m [kg] の小球を速さ v [m/s] で水平に投げ出したところ、**1** [s] 後に点 B で水平面と 1 度目の衝突をした。OB 間の距離は **2** [m] である。小球と水平面との間の反発係数が e ($0 < e < 1$) であるとき、はねかえり直後の速度の鉛直成分は **3** [m/s] である。また、2 度目に水平面と衝突する点 C の点 B からの距離は **4** [m] である。

図 1-2 のように、水平面に対する傾きの角が θ [°] ($0 < \theta < 90$) のなめらかな斜面に対し、斜面左下の点 O を原点として、 $x-z$ 直交座標系として、 x 軸を水平に、 z 軸を斜面上に設定する。点 D の $x-z$ 平面上の座標 $(0, h)$ から、質量 m [kg] の小球が速さ v でこの斜面上の水平方向にはじき出されたとする。なお、図 1-3 のように斜面最下部の縁の面はなめらかで斜面と直交しており、小球は斜面最下部の縁に衝突しても斜面からはなれることはない。小球と斜面最下部の縁との間の反発係数も e である。この斜面上で運動する小球に働く z 軸方向の加速度は **5** [m/s²] である。斜面最下部の縁に 1 度目に衝突する点 E と 2 度目に衝突する点 F の間の距離は **6** [m] である。

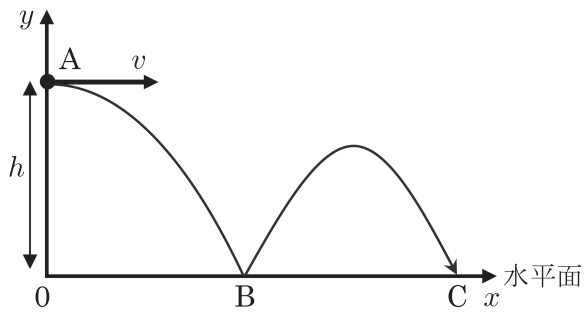


図 1 - 1

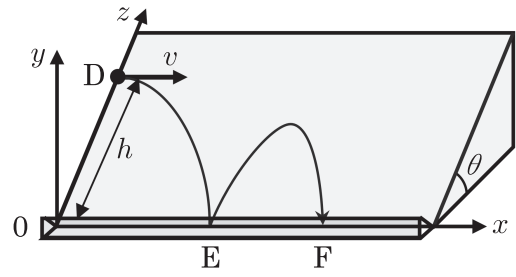


図 1 - 2

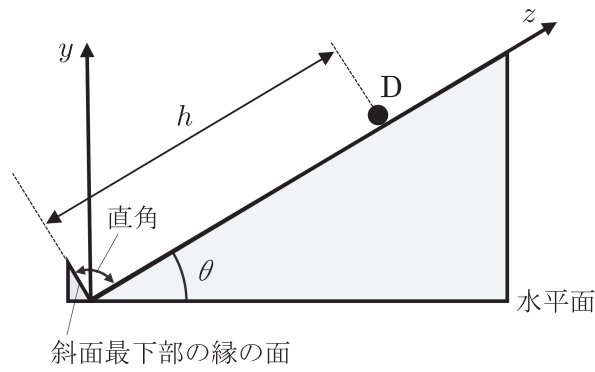


図 1 - 3

1 の選択肢

① $\sqrt{\frac{h}{2g}}$

② $\sqrt{\frac{h}{g}}$

③ $\sqrt{\frac{2h}{g}}$

④ $\sqrt{\frac{gh}{2}}$

⑤ \sqrt{gh}

⑥ $\sqrt{2gh}$

2 の選択肢

① $\frac{ghv}{2}$

② ghv

③ $2ghv$

④ $v\sqrt{gh}$

⑤ $v\sqrt{2gh}$

⑥ $v\sqrt{\frac{2h}{g}}$

3 の選択肢

① $\frac{eghv}{2}$

② $eghv$

③ $2eghv$

④ $e\sqrt{gh}$

⑤ $e\sqrt{2gh}$

⑥ $2e\sqrt{gh}$

4 の選択肢

① $ev\sqrt{2gh}$

② $2ev\sqrt{2gh}$

③ $3ev\sqrt{2gh}$

④ $ev\sqrt{\frac{2h}{g}}$

⑤ $2ev\sqrt{\frac{2h}{g}}$

⑥ $3ev\sqrt{\frac{2h}{g}}$

5 の選択肢

① $-g\cos\theta$

② $-g\sin\theta$

③ $-g\tan\theta$

④ $g\cos\theta$

⑤ $g\sin\theta$

⑥ $g\tan\theta$

6 の選択肢

① $\frac{2ehv}{g\sin\theta}$

② $\frac{4ehv}{g\sin\theta}$

③ $\frac{8ehv}{g\sin\theta}$

④ $ev\sqrt{\frac{2h}{g\sin\theta}}$

⑤ $2ev\sqrt{\frac{h}{g\sin\theta}}$

⑥ $2ev\sqrt{\frac{2h}{g\sin\theta}}$

第2問 次の文章中の **7** ~ **12** に当てはまる適切なものを、それぞれの選択肢①~⑥のうちから1つずつ選びなさい。なお、気体定数を R [J/(mol・K)] とする。

〔解答番号 **7** ~ **12**〕

図2-1のようにそれぞれ $2V$ [m³]、 V [m³] の容積をもつ断熱容器 A、B をコックのついた細管でつないだ。両容器内にはそれぞれ温度調節器が組み込まれている。なお、温度調節器および細管の体積は無視できるほど小さいものとする。またコックを開いた際には、細管を通じて両容器の圧力は同一となる。その場合でも温度調節器のスイッチが入っていれば、それぞれの温度は独立に保たれるものとする。

はじめ、容器 A に圧力 P_0 [Pa]、温度 T_0 [K]、 n [mol] の単原子分子理想気体を入れて、容器 B は真空にした。コックを開けて十分に時間が経った後、容器 A 内の気体の温度は **7** [K]、容器内の気体の圧力は P_0 の **8** 倍である。次に、コックを開いたまま、両容器内の温度調節器のスイッチを入れ、容器 A 内の気体の温度を $\frac{4}{3}T_0$ [K]、容器 B 内の気体の温度を T_0 [K] となるように設定した。十分に時間が経った後、容器 A 内の気体の物質量は **9** [mol] であり、容器内の気体の圧力は P_0 の **10** 倍である。

つづいて、コックを閉じて、温度調節器を設定し、それぞれ気体の温度が容器 A 内は $2T_0$ [K]、容器 B 内は T_0 [K] となるようにした。両容器がともに設定温度に到達した後、両容器内の温度調節器のスイッチを切り、コックを開けた。十分に時間が経った後、容器 A 内の気体の温度は **11** [K]、容器内の気体の圧力は P_0 の **12** 倍である。

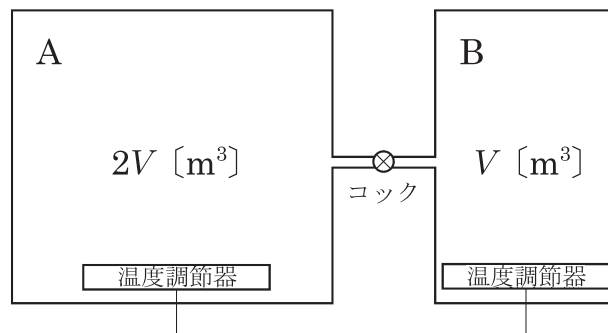


図2-1

7 の選択肢

① $\frac{1}{3} T_0$

② $\frac{1}{2} T_0$

③ $\frac{2}{3} T_0$

④ T_0

⑤ $\frac{3}{2} T_0$

⑥ $2T_0$

8 の選択肢

① $\frac{1}{2}$

② $\frac{2}{3}$

③ $\frac{4}{5}$

④ 1

⑤ $\frac{3}{2}$

⑥ 2

9 の選択肢

① $\frac{1}{3} n$

② $\frac{2}{5} n$

③ $\frac{1}{2} n$

④ $\frac{3}{5} n$

⑤ $\frac{2}{3} n$

⑥ $\frac{3}{4} n$

10 の選択肢

① $\frac{1}{2}$

② $\frac{2}{5}$

③ $\frac{2}{3}$

④ $\frac{3}{5}$

⑤ $\frac{4}{5}$

⑥ 1

11 の選択肢

① T_0

② $\frac{6}{5} T_0$

③ $\frac{7}{5} T_0$

④ $\frac{8}{5} T_0$

⑤ $\frac{9}{5} T_0$

⑥ $2T_0$

12 の選択肢

① 1

② $\frac{16}{15}$

③ $\frac{4}{3}$

④ $\frac{3}{2}$

⑤ $\frac{8}{5}$

⑥ 2

第3問 次の文章中の **13** ~ **18** に当てはまる適切なものを、それぞれの選択肢①~⑥のうちから1つずつ選びなさい。【解答番号 **13** ~ **18**】

図3-1は、底面に段差がある水槽の様子を示している。この水槽では、平面状の壁面から距離 L [m] のところに壁面と平行な境界面があり、この面よりも壁面側を領域2と呼び、水深は d_2 [m] である。一方、壁面とは反対側を領域1と呼び、水深は d_1 [m] である ($d_1 > d_2$)。領域1から境界面に向かって速さ v_1 [m/s]、波長 λ_1 [m] の平面波が入射角 θ_1 [°] で入射し ($\theta_1 > 0$)、屈折し、壁面で反射する。波の振幅は d_1 や d_2 に比べて十分に小さいとし、また、波の速さは水深の平方根に比例するとする。さらに壁面での反射は自由端反射とする。領域1内での波の振動数 f_1 [Hz] は、 v_1 を用いて $f_1 =$ **13** である。領域2内での波の速さ v_2 [m/s] と波長 λ_2 [m] は、それぞれ v_1 を用いて $v_2 =$ **14**、 λ_1 を用いて $\lambda_2 =$ **15** とあらわすことができる。また、屈折角 θ_2 [°] について $\sin \theta_2 =$ **16** が成り立つ。

領域2を進む波は壁面にあたるため、この壁面上で壁面に平行に進む波が観測される。この波の波長は **17** [m] である。一方、波は壁面で反射されるため、反射される前後の二つの波が干渉して定在波(定常波)が発生し、節が観測される。この節は壁面に平行な直線上に観察され(節線)、壁面側から数えて5番目の節の線がちょうど境界面と重なっていた。このことから、 L と λ_2 との間には **18** という関係が成り立つ。

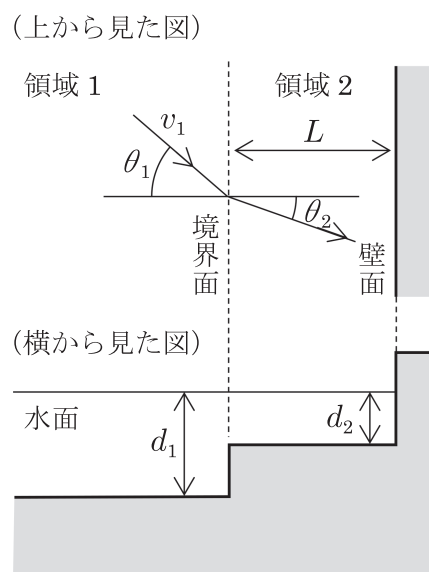


図3-1

13 の選択肢

- ① $\lambda_1 v_1$ ② $\frac{v_1}{\lambda_1}$ ③ $\frac{\lambda_1}{v_1}$ ④ $\frac{\lambda_1}{v_1 L}$ ⑤ $\frac{\lambda_1 d_1}{v_1 L}$ ⑥ $\frac{\lambda_1 d_2}{v_1 L}$

14 の選択肢

- ① $\frac{v_1 d_2^2}{d_1^2}$ ② $\frac{v_1 d_2}{d_1}$ ③ $\frac{v_1 d_1}{d_2}$
- ④ $v_1 \sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$ ⑤ $v_1 \sqrt{\frac{d_1}{d_2}}$ ⑥ $\frac{2v_1 d_2}{d_1}$

15 の選択肢

- ① $\frac{\lambda_1 d_2^2}{d_1^2}$ ② $\frac{\lambda_1 d_2}{d_1}$ ③ $\frac{\lambda_1 d_1}{d_2}$
- ④ $\lambda_1 \sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$ ⑤ $\lambda_1 \sqrt{\frac{d_1}{d_2}}$ ⑥ $\frac{2\lambda_1 d_2}{d_1}$

16 の選択肢

- ① $\sqrt{\frac{d_1}{d_2}} \sin \theta_1$ ② $\sqrt{\frac{d_1}{d_2}} \cos \theta_1$ ③ $\sqrt{\frac{d_2}{d_1}} \sin \theta_1$
- ④ $\frac{d_1}{d_2} \sin \theta_1$ ⑤ $\frac{d_2}{d_1} \sin \theta_1$ ⑥ $\frac{d_2}{d_1} \cos \theta_1$

17 の選択肢

- ① $\frac{\lambda_2}{\sin \theta_2}$ ② $\lambda_2 \sin \theta_2$ ③ $\frac{\lambda_2}{\tan \theta_2}$
- ④ $\lambda_2 \tan \theta_2$ ⑤ $\frac{\lambda_2}{\cos \theta_2}$ ⑥ $\lambda_2 \cos \theta_2$

18 の選択肢

- ① $L = \frac{9\lambda_2}{4 \sin \theta_2}$ ② $L = \frac{5\lambda_2}{2 \sin \theta_2}$ ③ $L = \frac{9\lambda_2}{2 \cos \theta_2}$
- ④ $L = \frac{9\lambda_2}{4 \cos \theta_2}$ ⑤ $L = \frac{9\lambda_2}{2 \sin \theta_2}$ ⑥ $L = \frac{5\lambda_2}{2 \cos \theta_2}$

第4問 次の文章中の **19** ~ **24** に当てはまる適切なものを、それぞれの選択肢①~⑥のうちから1つずつ選びなさい。ただし、**20** については **20-1** と **20-2** の適切な組み合わせを選びなさい。なお、真空の透磁率を μ_0 [N/A²] とする。

〔解答番号 **19** ~ **24**〕

図4-1に示すように、真空中に平行に固定された十分に長い2つの導線 OP と導線 QR の間に、1辺が $2a$ [m] の正方形のコイル ABCD がある。辺 AB は2つの導線に平行であり、辺 AB と導線 OP の距離および辺 CD と導線 QR の距離はそれぞれ $2a$ [m]、 a [m] である。導線 OP に I_1 [A] の大きさをもつ電流を O から P の向きに流したとき、辺 AB 上で生じる磁束密度の大きさ B_1 [T] は、 $B_1 =$ **19** である。この状態から、さらに導線 QR に電流を流したところ、辺 AB の位置での磁束密度が 0 T となった。このとき、導線 QR 上に流れている電流の向きは **20-1** の方向であり、その大きさは I_1 を用いて **20-2** [A] である。また、辺 CD 上での磁束密度の大きさは **21** [T] である。

この状態で、コイル ABCD に大きさ i [A] の電流を反時計回りに流すと、このコイルは2つの導線で生じる磁場から力を受ける。コイルの辺 AB が受ける力の大きさは **22** [N] であり、コイル全体が受ける力の大きさは **23** [N] である。

ここで、導線 QR に流す電流の向きを変え電流を調節したところ、コイル全体が受ける力が 0 N となった。このとき、導線 QR に流れる電流の大きさは **24** [A] である。

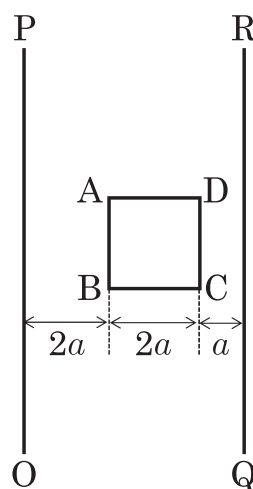


図4-1

19 の選択肢

① $\frac{1}{4\pi a} I_1$

② $\frac{3}{4\pi a} I_1$

③ $\frac{\mu_0}{4\pi a} I_1$

④ $\frac{\mu_0}{2\pi a} I_1$

⑤ $\frac{3\mu_0}{4\pi a} I_1$

⑥ $\frac{7\mu_0}{4\pi a} I_1$

20 の選択肢

	20-1	20-2
①	Q から R	$\frac{2}{3} I_1$
②	Q から R	I_1
③	Q から R	$\frac{3}{2} I_1$
④	R から Q	$\frac{2}{3} I_1$
⑤	R から Q	I_1
⑥	R から Q	$\frac{3}{2} I_1$

21 の選択肢

① $\frac{3}{4\pi a} I_1$

② $\frac{5}{8\pi a} I_1$

③ $\frac{\mu_0}{8\pi a} I_1$

④ $\frac{\mu_0}{4\pi a} I_1$

⑤ $\frac{3\mu_0}{8\pi a} I_1$

⑥ $\frac{5\mu_0}{8\pi a} I_1$

22 の選択肢

① 0

② $\frac{\mu_0}{8\pi} iI_1$

③ $\frac{\mu_0}{4\pi} iI_1$

④ $\frac{\mu_0}{2\pi} iI_1$

⑤ $\frac{5\mu_0}{4\pi} iI_1$

⑥ $\frac{7\mu_0}{4\pi} iI_1$

23 の選択肢

① 0

② $\frac{\mu_0}{8\pi} iI_1$

③ $\frac{\mu_0}{4\pi} iI_1$

④ $\frac{\mu_0}{2\pi} iI_1$

⑤ $\frac{5\mu_0}{4\pi} iI_1$

⑥ $\frac{7\mu_0}{4\pi} iI_1$

24 の選択肢

① $\frac{1}{8} I_1$

② $\frac{1}{6} I_1$

③ $\frac{1}{5} I_1$

④ $\frac{1}{4} I_1$

⑤ $\frac{3}{8} I_1$

⑥ $\frac{1}{2} I_1$

以上で問題は終わりです。