

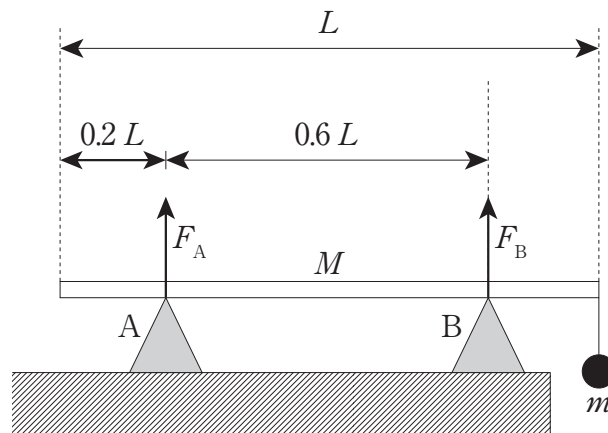
物 理

【問題 1】 次の問 1 から問 6 について、それぞれ指定されたように答えなさい。

(解答番号 1 - 6)

問 1 質量 M 、太さおよび密度が一様で長さが L の角棒が図のように水平に置かれている。支点 A は角棒の左端から $0.2L$ 、支点 B は支点 A から $0.6L$ の距離にある。この角棒の右端に質量 m のおもりを、質量が無視できる糸を用いてつり下げたところ、角棒は水平のままであった。このとき、支点 A、B で支点が角棒におよぼす力は鉛直上向きである。その大きさをそれぞれ F_A 、 F_B とする。角棒が支点 B のまわりに回転しないことを表す式として正しいものを、下のうちから一つ選び、番号で答えなさい。ただし、重力加速度の大きさを g とする。

1



図

- ① $0.5LMg - 0.2Lmg - 0.6LF_A = 0$
- ② $0.3LMg - 0.2Lmg - 0.6LF_A = 0$
- ③ $0.3LMg - 0.8Lmg - 0.2LF_A = 0$
- ④ $LMg - Lmg - LF_A - LF_B = 0$

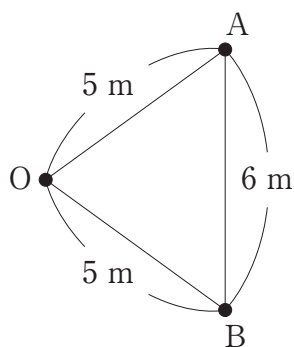
問2 焦点距離 30 cm の凸レンズの光軸上で、レンズの左側 10 cm のところに光軸に対して垂直に物体を置き、レンズの右側から見た、凸レンズの左側に見える虚像の凸レンズからの距離として最も適当な値を、次のうちから一つ選び、番号で答えなさい。

2

- ① 5 cm ② 10 cm ③ 15 cm ④ 20 cm ⑤ 25 cm ⑥ 30 cm

問3 一様な電場中において、図のような位置に3点 O, A, B があり、OA 間の電位差は 3.0 V である。点 A に正電荷の点電荷を静かに置いたところ、点電荷は点 B に向かって動き始めた。一様な電場の強さ [V/m] として最も適当な数値を、下のうちから一つ選び、番号で答えなさい。

3



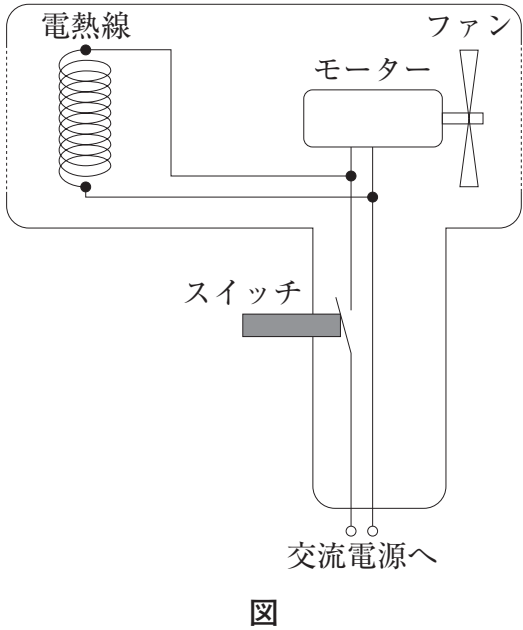
図

- ① 0.5 ② 0.6 ③ 1.0 ④ 1.2 ⑤ 1.5 ⑥ 3.0 ⑦ 6.0

問4 次の文章中の空欄〔ア〕,〔イ〕に入れる式と値の組合せとして最も適当なものを,下のうちから一つ選び,番号で答えなさい。

4

ドライヤーの内部には,図のように,並列に接続された電熱線とモーターがあり,電熱線で加熱した空気をモーターについたファンで送り出す.ドライヤーを100V(実効値)の交流電源に接続してスイッチを入れると,ドライヤーからは温風が吹き出した.このとき,ドライヤー全体で消費されている電力 P ,電熱線で消費されている電力 P_h ,モーターで消費されている電力 P_m の関係を表す式は〔ア〕となる.電熱線の抵抗値が20Ωのドライヤーを1分間動かし続けるとき,電熱線で消費される電力量は〔イ〕 $\times 10^4\text{J}$ となる.ただし,モーターと電熱線以外で消費される電力は無視できるものとする.



	〔ア〕	〔イ〕
①	$P = \frac{P_h + P_m}{2}$	3.0
②	$P = P_h = P_m$	3.0
③	$\frac{1}{P} = \frac{1}{P_h} + \frac{1}{P_m}$	3.0
④	$P = P_h + P_m$	3.0
⑤	$P = \frac{P_h + P_m}{2}$	6.0
⑥	$P = P_h = P_m$	6.0
⑦	$\frac{1}{P} = \frac{1}{P_h} + \frac{1}{P_m}$	6.0
⑧	$P = P_h + P_m$	6.0

問5 熱に関する記述として最も適当なものを、次のうちから一つ選び、番号で答えなさい。

5

- ① 物体に一定量の熱を加えたとき、熱容量が同じならば質量が大きいほど温度変化が大きい。
- ② 気体の等温膨張では吸収した熱量をすべて膨張によってした仕事に使う。
- ③ 高温の物体と低温の物体を接触させたとき、接触面を通して高温の物体から流出した熱量は、低温の物体に流入した熱量より小さい。
- ④ 与えられた熱のすべてを仕事に変える熱機関をつくることができる。
- ⑤ 一つの熱源から熱を取り入れ、同じ熱源に熱を放出することにより熱機関をはたかせることができる。

問6 宇宙を構成している原子核と素粒子に関する記述として最も適当なものを、次のうちから一つ選び、番号で答えなさい。

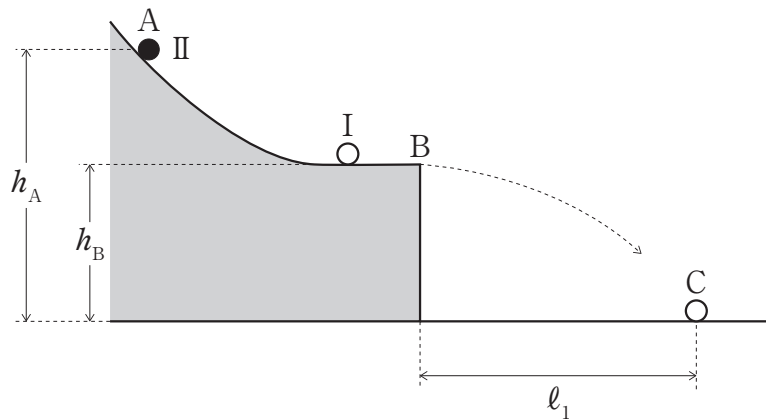
6

- ① 原子核の内部では、正の電荷をもった陽子と負の電荷をもった中性子がクーロン力によって結びついている。
- ② ばらばらの状態にある陽子6個と中性子6個の質量の和は、 $^{12}_6\text{C}$ の原子核の質量よりも小さい。
- ③ 陽子の内部ではクォークが2個結びついており、クォークの内部では電子とニュートリノが1個ずつ結びついている。
- ④ 素粒子であるクォークは電荷をもたず、電氣的に中性である。
- ⑤ 自然界に存在する基本的な力は、電磁気力、重力、弱い力、強い力の4種類であると考えられている。

【問題 2】 次の文章を読み，問 1 から問 3 に答えなさい。

(解答番号 7 - 9)

図のような，水平な地面の上に固定された，なめらかな斜面と水平面を持つ台の水平部に，質量 m の小物体 I を置き，同じ質量 m の小物体 II を斜面上の点 A に置いて，静かに手を離した．小物体 II は斜面を滑り降りて，小物体 I に弾性衝突をした．小物体 I は点 B から水平に飛び出し，水平距離 ℓ_1 の点 C に落下した．重力加速度の大きさを g ，斜面上の点 A, B の高さをそれぞれ h_A , h_B とする．なお，A, B, C は同一の鉛直平面内にある．ただし，空気抵抗は無視できるものとする．



図

問 1 小物体 II は衝突後，どのように運動したか．最も適当なものを，次のうちから一つ選び，番号で答えなさい．

7

- ① はね返って斜面を上り，点 A まで達して，再び斜面を下り始めた．
- ② はね返って斜面を上ったが，点 A には達せず，それより低い位置から再び斜面を下り始めた．
- ③ 衝突した位置で静止した．
- ④ 小物体 I と一緒に点 B から水平に飛び出し，点 C に落下した．
- ⑤ 小物体 I より遅れて点 B から水平に飛び出し， ℓ_1 より短い水平距離の点に落下した．

問2 点Bでの小物体Iの速さ v として最も適当なものを、次のうちから一つ選び、番号で答えなさい。

8

- | | | |
|--------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| ① $\sqrt{2gh_A}$ | ② $\sqrt{gh_A}$ | ③ $\sqrt{\frac{gh_A}{2}}$ |
| ④ $\sqrt{2g(h_A - h_B)}$ | ⑤ $\sqrt{g(h_A - h_B)}$ | ⑥ $\sqrt{\frac{g(h_A - h_B)}{2}}$ |
| ⑦ $2gh_A$ | ⑧ $2g(h_A - h_B)$ | ⑨ $g(h_A - h_B)$ |

問3 点Bと小物体Iの落下点Cとの水平距離 ℓ_1 として最も適当なものを、次のうちから一つ選び、番号で答えなさい。

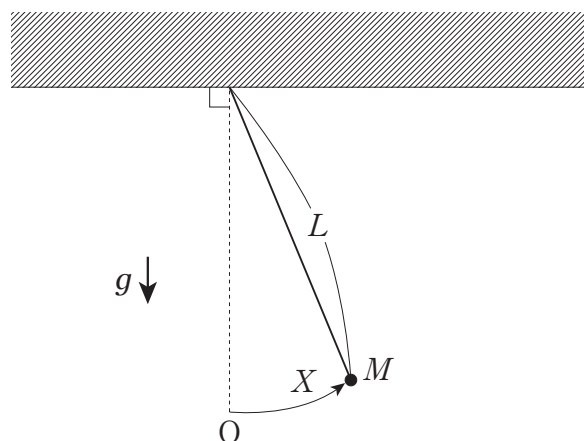
9

- | | | |
|---------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| ① $v\sqrt{\frac{h_A}{g}}$ | ② $v\sqrt{\frac{2h_A}{g}}$ | ③ $v\sqrt{\frac{h_A - h_B}{g}}$ |
| ④ $v\sqrt{\frac{h_B}{g}}$ | ⑤ $v\sqrt{\frac{2h_B}{g}}$ | ⑥ $v\sqrt{\frac{2(h_A - h_B)}{g}}$ |

【問題3】 次の文章を読み、空欄〔ア〕－〔ウ〕に当てはまる最も適当な式を、下の解答群のうちからそれぞれ一つ選び、番号で答えなさい。

(解答番号 10 - 12)

長さ L のひもに質量 M の小球を取り付けた振り子を図に示す。この振り子の周期運動において、小球は点 O を最下点とする円弧に沿って運動する。 X は点 O からの円弧に沿った質点の変位を表す。重力加速度の大きさを g とすれば、周期運動の途中、図に示す瞬間に小球にはたらく円弧に沿った方向の力は $F =$ 〔ア〕である。ただし、 X の正方向を F の正方向とする。 X が L に比べて十分に小さければ、力 $F =$ 〔ア〕を計算するのに、 θ が十分小さいときに成立する近似式 $\sin\theta \doteq \theta$ 、 $\cos\theta \doteq 1$ を用いて、近似式 $F \doteq$ 〔イ〕と表せる。このとき、振り子の運動方程式は、ばね定数を $k =$ 〔ウ〕としたときの、フックの法則に従うばねに取り付けられた質量 M の小球の単振動の運動方程式と一致する。このことから、振幅が小さい振り子の振動周期は近似的に振動の振幅によらないこと（等時性）が示される。



図

〔ア〕の解答群 10

- | | | | |
|-------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|
| ① $Mg \cos \frac{X}{L}$ | ② $-Mg \cos \frac{X}{L}$ | ③ $Mg \cos^2 \frac{X}{L}$ | ④ $-Mg \cos^2 \frac{X}{L}$ |
| ⑤ $Mg \sin \frac{X}{L}$ | ⑥ $-Mg \sin \frac{X}{L}$ | ⑦ $Mg \sin^2 \frac{X}{L}$ | ⑧ $-Mg \sin^2 \frac{X}{L}$ |

〔 イ 〕 の解答群

- ① Mg ② $-Mg$ ③ MgX ④ $-MgX$ ⑤ $\frac{Mg}{L}$
- ⑥ $-\frac{Mg}{L}$ ⑦ $\frac{MgX}{L}$ ⑧ $-\frac{MgX}{L}$ ⑨ $\frac{MgX^2}{L^2}$ ⑩ $-\frac{MgX^2}{L^2}$

〔 ウ 〕 の解答群

- ① Mg ② $-Mg$ ③ MgX ④ $-MgX$ ⑤ $\frac{Mg}{L}$
- ⑥ $-\frac{Mg}{L}$ ⑦ $\frac{MgX}{L}$ ⑧ $-\frac{MgX}{L}$ ⑨ $\frac{MgX^2}{L^2}$ ⑩ $-\frac{MgX^2}{L^2}$

【問題 4】 次の文章を読み、問 1 と問 2 に答えなさい。

(解答番号 13 - 15)

コンパクトディスク (CD) に光が当たると虹のように色付いて見える。そのしくみを理解するために、CD を多数の溝が直線状に等間隔で刻まれている反射板とみなすことにする。図 1 のように、この反射板を水平に置いて、光が真上から入射する場合を考えてみよう。ホイヘンスの原理を用いて考えれば、溝によって隔てられた各平面部分から素元波が生じる。図 1 では、それらの素元波が互いに干渉しあう様子を、溝に垂直な鉛直面内で模式的に描いてある。この鉛直面内でいろいろな方向から、光の強さを観測してみる。観測方向が鉛直線となす角度を θ 、隣り合う平面部分の間隔を d とする。

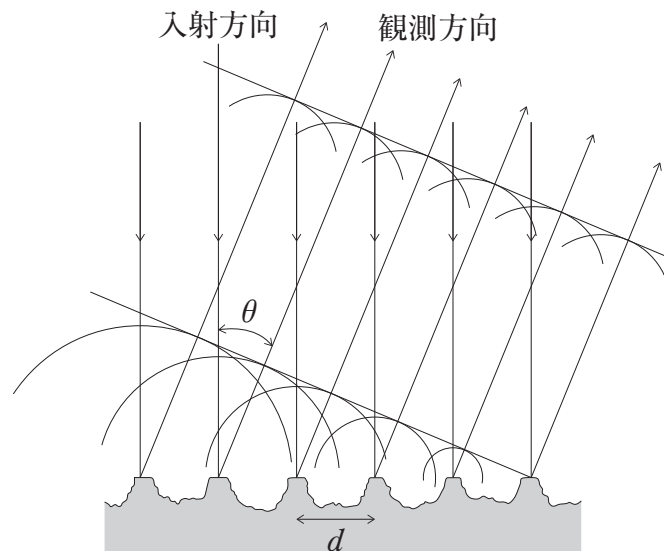


図 1

問 1 入射光が波長 λ の単色光である場合を考える。光が強め合うのは、 d 、 θ 、 λ の間に特定の関係が成り立つときである。それを表す式として正しいものを、次のうちから一つ選び、番号で答えなさい。ただし、 $m = 0, 1, 2, \dots$ とする。

13

- ① $d \sin \theta = m \lambda$ ② $d \cos \theta = m \lambda$ ③ $d \sin \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda$
- ④ $d \cos \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda$ ⑤ $d \sin \theta = \frac{m}{2} \lambda$ ⑥ $d \cos \theta = \frac{m}{2} \lambda$

問2 次に、入射光が波長 400 nm～700 nm の範囲の可視光を含んだ白色光である場合を考える。1 nm = 10^{-9} m である。ただし、反射板上で溝は 1 cm あたり 6250 本きざまれているものとする。観測する方向 θ を 0° から増加させていくと、まず、 $\theta = 0^\circ$ で強い白色光の反射が起こっている。次に、 θ を次第に大きくしていくと、角度 θ_1 で強い光が見えはじめ、それは θ の増加とともに色を変えながら、 θ_2 まで観測される。これが虹のような色が見える理由である。 $\sin\theta$ と $\cos\theta$ のグラフを示す図2を参照して、 θ_1 と θ_2 の値として最も適当なものを、次のうちから一つずつ選び、それぞれ番号で答えなさい。

$$\theta_1 = \boxed{14}, \quad \theta_2 = \boxed{15}$$

- ① 7° ② 12° ③ 15° ④ 22° ⑤ 26°
 ⑥ 30° ⑦ 41° ⑧ 49° ⑨ 60° ⑩ 65°

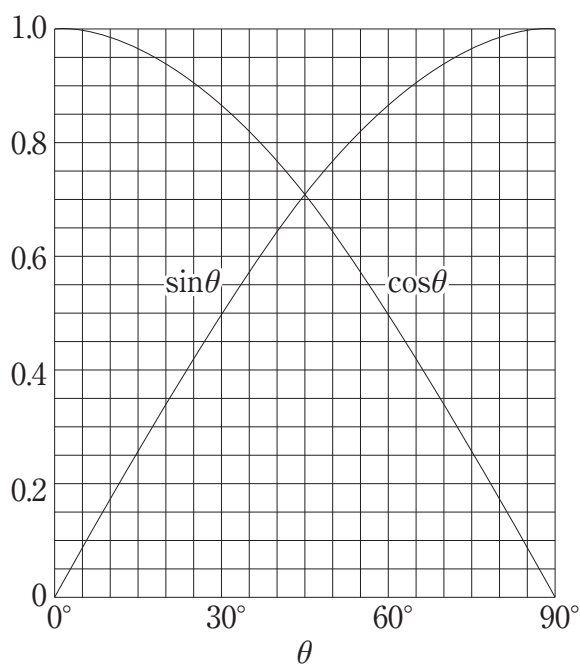


図2

【問題 5】 次の文章を読み，問 1 と問 2 に答えなさい。

(解答番号 16 - 17)

一端を閉じた質量 M ，断面積 S の円筒を，内部に少し空気が残るように水中に入れ，底面を上にして静かに手を離すと，図 1 のように，円筒中の水面が外部の水面より少し下がった状態で，鉛直に静止した．外部の大気圧を P_0 ，水の密度を ρ ，重力加速度の大きさを g とする．円筒は熱を通さず，円筒の厚さは無視できるものとする．また，円筒内部の空気は，常に水温と同じ温度であるとし，その質量は M に比べて十分小さく無視できるものとする．

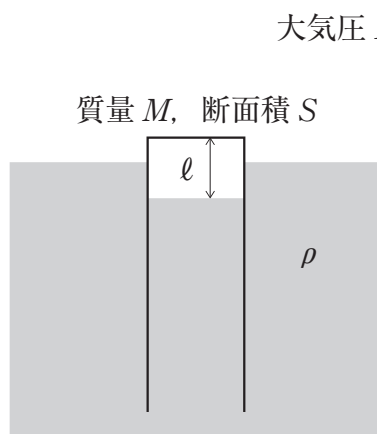


図 1

問 1 水温を測定したところ 7°C であり，円筒内の気柱の高さは ℓ だった．その状態から，水温を 63°C まで上げた．このとき，気柱の高さは ℓ の何倍になるか．最も適当なものを，次のうちから一つ選び，番号で答えなさい．ただし，外部の大気圧は P_0 ，水の密度は ρ のままであるとし，水の蒸発は考えないものとする．

16

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| ① 0.7 | ② 0.8 | ③ 0.9 | ④ 1.0 |
| ⑤ 1.1 | ⑥ 1.2 | ⑦ 1.3 | ⑧ 1.4 |

問2 次に、図2のように円筒を鉛直に保ったまま引き上げると、円筒内の水面は外部の水面から h の高さまで上がった。このとき、手が円筒を上向きに支えている力の大きさを表す式として正しいものを、下のうちから一つ選び、番号で答えなさい。

17

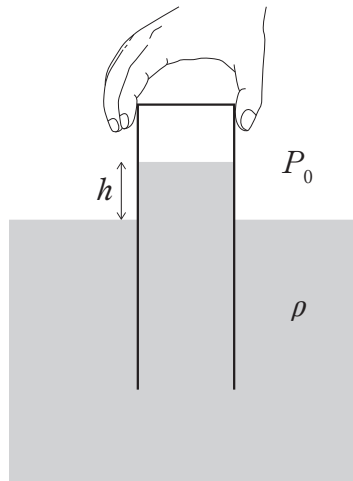


図2

- | | | |
|--------------------------|---------------|--------------------------|
| ① $Mg + \rho ghS$ | ② Mg | ③ $Mg - \rho ghS$ |
| ④ $Mg + \rho ghS + P_0S$ | ⑤ $Mg + P_0S$ | ⑥ $Mg - \rho ghS + P_0S$ |

【問題 6】 次の文章を読み、問 1 から問 3 に答えなさい。

(解答番号 18 - 20)

導体中の電流の流れ方について考えてみよう。長さ l 、一定の断面積 S の導体の両端に電圧 V をかけると、導体中には一様な電場が生じ、導体内を移動する電荷 $-e$ の自由電子は、一様な電場による加速と、熱振動している陽イオンとの衝突による減速とを繰り返しながら移動していく。電子の運動を妨げる抵抗力の大きさは、平均的には電子の移動する平均の速さ v に比例すると考えてよく、定数 K を用いて Kv と表すことができる。

問 1 電場による力と衝突による抵抗力がつり合うとき、導体中での電子の速さ v は一定になる。このときの v として正しいものを、次のうちから一つ選び、番号で答えなさい。

18

- ① $elKV$ ② eKV ③ elV ④ $\frac{eKV}{l}$ ⑤ $\frac{eV}{lK}$ ⑥ $\frac{elV}{K}$

問 2 単位体積当たりの自由電子の数を n とする。導体中を自由電子が一定の速さ v で運動するとき、この導体に流れる電流として正しいものを、次のうちから一つ選び、番号で答えなさい。

19

- ① $\frac{env}{l}$ ② $\frac{enSv}{l}$ ③ $\frac{enlv}{S}$ ④ $\frac{env}{S}$
⑤ $envS$ ⑥ $enlv$ ⑦ $enlS$ ⑧ $enlSv$

問 3 この導体の抵抗として正しいものを、次のうちから一つ選び、番号で答えなさい。

20

- ① $\frac{Kl}{e^2nS}$ ② $\frac{K}{e^2nS}$ ③ $\frac{KS}{e^2nl}$ ④ $\frac{lS}{e^2nK}$ ⑤ $\frac{Kl}{enK}$ ⑥ $\frac{KS}{enl}$ ⑦ $\frac{lS}{enK}$