

物理基礎・物理

[問題 1] 以下の設問 1～8 の空欄 (1) ～ (24) にあてはまる数字か選択肢の番号を選び，対応する解答欄にマークしなさい。重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 ， $\sqrt{2} = 1.41$ ， $\sqrt{3} = 1.73$ とする。

設問 1. 建物の屋上から質量 1.0 kg の小物体を速さ 4.0 m/s で水平方向に打ち出したところ，小物体は打ち出した位置から水平方向に 16 m 進んだ地面に落下した。落下が始まってから地面に到達するまでにかかる時間は (1) . (2) s であり，地面から建物の屋上までの高さは (3) (4) m である。ただし，空気抵抗は無視できるものとする。

設問 2. 図 1 のように，質量 2.0 kg の物体 A と質量 5.0 kg の物体 B を伸び縮みしない糸で結んだものを，滑車を介して吊し，外力を加えて静止させている。外力を取り除くと，両方の物体は運動を始めた。このとき，物体 A の加速度の大きさは (5) . (6) m/s^2 であり，糸の張力の大きさは (7) (8) N である。ただし，滑車と糸の質量，摩擦および空気抵抗は無視できるものとする。

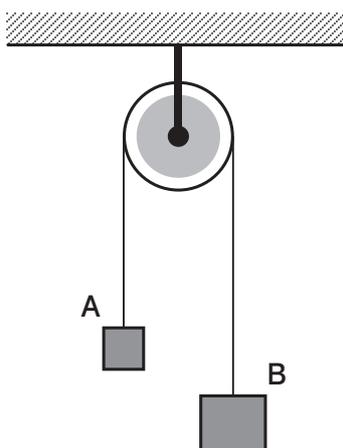


図 1

設問 3. 質量 100 g の銅製の容器に水 100 g を入れ、しばらくすると水と容器の温度は $30\text{ }^\circ\text{C}$ になった。この中に $90\text{ }^\circ\text{C}$ に熱した質量 50 g の物体を入れたところ、全体の温度が $40\text{ }^\circ\text{C}$ になった。熱は容器、水、物体の間だけで移動し、銅の比熱を $0.38\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ 、水の比熱を $4.2\text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とすると、物体の比熱は . $\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ である。

設問 4. ある理想気体が初め圧力 $2.0 \times 10^5\text{ Pa}$ 、体積 1.8 m^3 、温度 360 K の状態にある。この気体の圧力を $1.2 \times 10^5\text{ Pa}$ 、温度を 300 K に変化させたときの体積は . m^3 である。

設問 5. 長さ 0.60 m の弦に定在波が生じている。このとき、腹が 3 つあった。この定在波の波長は cm であり、この弦を伝わる波の速さが 120 m/s であるとき、この定在波の振動数は Hz である。

設問 6. 真空に対する屈折率が 1.5 のガラス板に、真空から光が入射角 30° で入射した。屈折角を θ とすると、 $\sin\theta = \boxed{(18)} . \boxed{(19)} \boxed{(20)}$ である。

設問 7. 図 2 のようにスリット (S_1 , S_2) の間隔が d の回折格子に波長 λ の単色光を左から垂直に入射させたところ、入射方向から角度 θ の方向で光が強め合った。このとき、 d , θ , λ の間に成り立つ関係式は、 m を整数とすると $\boxed{(21)}$ である。

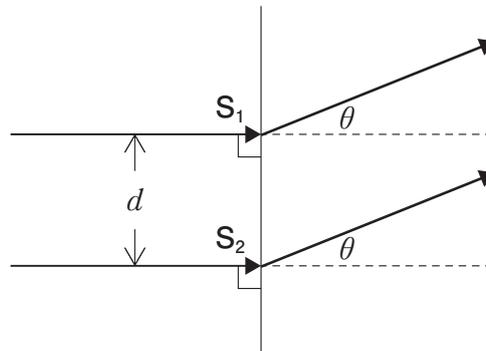


図 2

- | | | |
|--|--|--|
| ① $d \cos\theta = m\lambda$ | ② $d \sin\theta = m\lambda$ | ③ $\frac{d}{\sin\theta} = m\lambda$ |
| ④ $\frac{d}{\cos\theta} = m\lambda$ | ⑤ $\frac{d}{\sin\theta} = (2m + 1)\frac{\lambda}{2}$ | ⑥ $\frac{d}{\cos\theta} = (2m + 1)\frac{\lambda}{2}$ |
| ⑦ $d \sin\theta = (2m + 1)\frac{\lambda}{2}$ | ⑧ $d \cos\theta = (2m + 1)\frac{\lambda}{2}$ | |

設問 8. 図 3 のような xy 平面上において, y 軸の正の向きに原点から 1 m の地点に正の点電荷 1 C ,
 x 軸の正の向きに原点から 2 m 地点に負の点電荷 -2 C を置いたとき, クーロンの法則の
 比例定数を $k[\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2]$ であらわすと, 原点 O での電場の大きさは $\frac{\sqrt{\boxed{22}}}{\boxed{23}} k[\text{N/C}]$ で,
 無限遠を基準とした原点 O での電位は $\boxed{24}\text{ V}$ である。

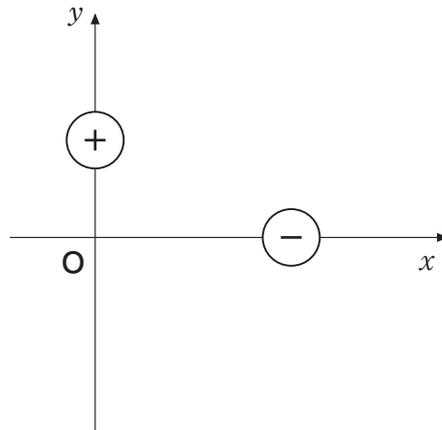


図 3

[問題 2] 以下の設問 1～4 の空欄 ～ にあてはまる選択肢の番号を選び，対応する解答欄にマークしなさい。

図 4 のように，水平面となす角 θ の摩擦のある斜面となめらかな水平面がなめらかにつながっている。水平面の左端には，ばね定数 k のばねが自然長の状態で壁に固定されており，斜面と水平面との接点からばねの先端までの距離は d である。質量 m の物体を水平面から高さ h の斜面上に静かに置くと，物体は滑り始め，斜面から水平面へとなめらかに運動した。斜面と物体の間の動摩擦係数を μ' ，重力加速度の大きさを g とする。また，物体にはたらく空気抵抗および物体の大きさは無視できるものとし，物体が斜面と水平面との接合部を通過するときは，接触を保ちながら速さを変えることはないとする。

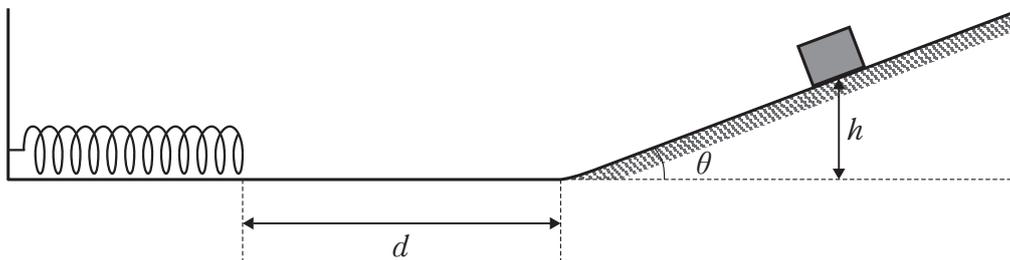


図 4

設問 1. 物体が滑り下りる間に斜面の摩擦で失ったエネルギーは である。

- | | | |
|---|---|---|
| ① $\mu' mgh \sin\theta$ | ② $\mu' mgh \cos\theta$ | ③ $\frac{\mu' mgh}{\sin\theta}$ |
| ④ $\frac{\mu' mgh}{\cos\theta}$ | ⑤ $\frac{\mu' mgh \cos\theta}{\sin\theta}$ | ⑥ $\frac{\mu' mgh \sin\theta}{\cos\theta}$ |
| ⑦ $\frac{\mu' mgh(1 + \sin\theta)}{\sin\theta}$ | ⑧ $\frac{\mu' mgh(1 + \cos\theta)}{\sin\theta}$ | ⑨ $\frac{\mu' mgh(1 + \sin\theta)}{\cos\theta}$ |

設問 2. 物体が斜面を滑り下りるとき、水平面に達する直前の速さは $\boxed{26}$ である。

- | | | |
|--|--|--|
| ① $\sqrt{2\mu'gh\sin\theta}$ | ② $\sqrt{2\mu'gh\cos\theta}$ | ③ $\sqrt{2gh(1 + \mu'\sin\theta\cos\theta)}$ |
| ④ $\sqrt{2gh(1 - \mu'\sin\theta\cos\theta)}$ | ⑤ $\sqrt{\frac{2\mu'gh\cos\theta}{\sin\theta}}$ | ⑥ $\sqrt{\frac{2\mu'gh\sin\theta}{\cos\theta}}$ |
| ⑦ $\sqrt{2gh\left(1 + \frac{\mu'\sin\theta}{\cos\theta}\right)}$ | ⑧ $\sqrt{2gh\left(1 + \frac{\mu'\cos\theta}{\sin\theta}\right)}$ | ⑨ $\sqrt{2gh\left(1 - \frac{\mu'\cos\theta}{\sin\theta}\right)}$ |

設問 3. 物体がばねに到達し、ばねが最大まで縮んだときのばねの縮みは $\boxed{27}$ であり、このとき物体の加速度の大きさは $\boxed{28}$ である。

[$\boxed{27}$ の選択肢]

- | | | |
|---|---|---|
| ① $\sqrt{\frac{2\mu'mgh\sin\theta}{k\cos\theta}}$ | ② $\sqrt{\frac{2\mu'mgh\cos\theta}{k\sin\theta}}$ | ③ $\sqrt{\frac{\mu'mgh\sin\theta}{2k\cos\theta}}$ |
| ④ $\sqrt{\frac{\mu'mgh\cos\theta}{2k\sin\theta}}$ | ⑤ $\sqrt{\frac{2mgh}{k}\left(1 + \frac{\mu'\sin\theta}{\cos\theta}\right)}$ | ⑥ $\sqrt{\frac{2mgh}{k}\left(1 + \frac{\mu'\cos\theta}{\sin\theta}\right)}$ |
| ⑦ $\sqrt{\frac{2mgh}{k}\left(1 - \frac{\mu'\sin\theta}{\cos\theta}\right)}$ | ⑧ $\sqrt{\frac{2mgh}{k}\left(1 - \frac{\mu'\cos\theta}{\sin\theta}\right)}$ | ⑨ $\sqrt{\frac{mgh}{2k}\left(1 + \frac{\mu'\sin\theta}{\cos\theta}\right)}$ |

[$\boxed{28}$ の選択肢]

- | | | |
|---|---|---|
| ① $\sqrt{\frac{2\mu'mgh\sin\theta}{k\cos\theta}}$ | ② $\sqrt{\frac{2\mu'kgh\cos\theta}{m\sin\theta}}$ | ③ $\sqrt{\frac{2kgh}{m}\left(1 + \frac{\mu'\sin\theta}{\cos\theta}\right)}$ |
| ④ $\sqrt{\frac{2kgh}{m}\left(1 + \frac{\mu'\cos\theta}{\sin\theta}\right)}$ | ⑤ $\sqrt{\frac{2kgh}{m}\left(1 - \frac{\mu'\sin\theta}{\cos\theta}\right)}$ | ⑥ $\sqrt{\frac{2kgh}{m}\left(1 - \frac{\mu'\cos\theta}{\sin\theta}\right)}$ |
| ⑦ $\sqrt{\frac{kgh}{2m}\left(1 + \frac{\mu'\sin\theta}{\cos\theta}\right)}$ | ⑧ $\sqrt{\frac{kgh}{2m}\left(1 + \frac{\mu'\cos\theta}{\sin\theta}\right)}$ | ⑨ $\sqrt{\frac{kgh}{2m}\left(1 - \frac{\mu'\sin\theta}{\cos\theta}\right)}$ |

設問 4. 物体がばねから跳ね返って再び斜面に到達し、斜面を上るときの最高到達点の高さは 29 である。

① $h(\sin\theta + \mu'\cos\theta)$

② $h(\sin\theta - \mu'\cos\theta)$

③ $\frac{h}{\sin\theta + \mu'\cos\theta}$

④ $\frac{h}{\sin\theta - \mu'\cos\theta}$

⑤ $\frac{h(\sin\theta + \mu'\cos\theta)}{\sin\theta - \mu'\cos\theta}$

⑥ $\frac{h(\sin\theta - \mu'\cos\theta)}{\sin\theta + \mu'\cos\theta}$

⑦ $\frac{h(\cos\theta - \mu'\sin\theta)}{\cos\theta + \mu'\sin\theta}$

⑧ $\frac{2h(\sin\theta - \mu'\cos\theta)}{\sin\theta + \mu'\cos\theta}$

⑨ $\frac{h(\sin\theta - \mu'\cos\theta)^2}{\sin\theta + \mu'\cos\theta}$

[問題3] 以下の設問1～3の空欄 (30) ～ (35) にあてはまる数字を選び，対応する解答欄にマークしなさい。

図5のように，長さ2.0 m，質量5.0 kgの一様な棒PQがある。棒のP端は糸で天井と結ばれている。棒のQ端に水平から上向きに30°の角度で外力を加えると，糸は鉛直から30°，棒PQは水平から角度 θ 傾いた状態で静止した。糸の重さは無視できるものとし，重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 ， $\sqrt{2} = 1.41$ ， $\sqrt{3} = 1.73$ とする。

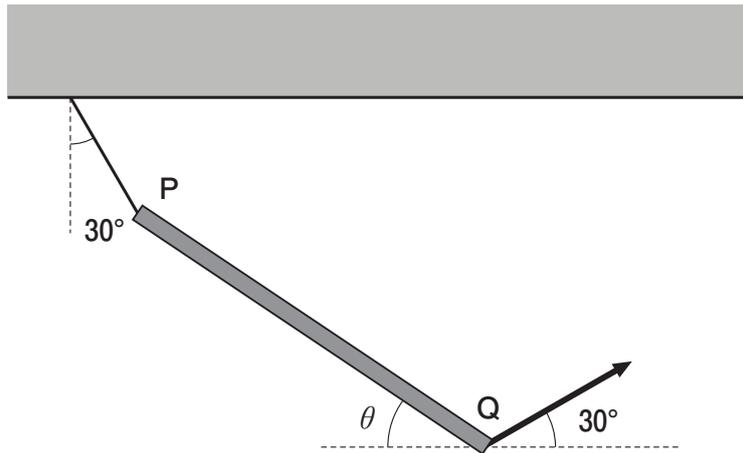


図5

設問1. 糸の張力の大きさは (30) (31) Nである。

設問2. 加えた外力の大きさは (32) (33) Nである。

設問3. $\tan\theta$ の値は0. (34) (35) である。

[問題 4] 以下の設問 1～3 の空欄 ～ にあてはまる選択肢の番号を選び，対応する解答欄にマークしなさい。

図 6 のように x 軸と y 軸を設定し，スリットをもつ電極 1 に電圧 V をかけ，電極 1 の左のスリットから初速度 0 の電子を通して加速させる。加速された電子は $0 \leq x \leq a$ の領域の電極 2 で y 軸方向の電場によって運動を変え， x 軸に垂直な蛍光板にあたった。電子にかかる重力や，地磁気の影響は無視できるものとし，電場は電極間にのみ存在し，外部に影響がないものとする。

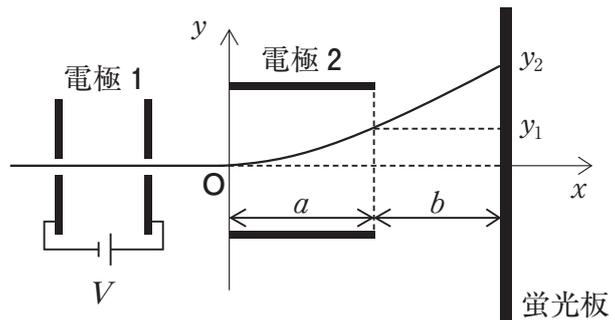


図 6

設問 1. 電子の電気量を $-e$ ，電子の質量を m とすると，電極 1 で加速された電子の速さは である。

① $v = \frac{2eV}{m}$

② $v = \frac{eV}{2m}$

③ $v = \sqrt{2eVm}$

④ $v = \sqrt{\frac{eV}{m}}$

⑤ $v = \sqrt{\frac{2eV}{m}}$

⑥ $v = \sqrt{\frac{eV}{2m}}$

設問 2. 電子は、電極 1 で加速した後、電極 2 で の方向の電場で加速された。

$(x, y) = (0, 0)$ での電子の速さを v 、電場の大きさを E とすると、電子が電極 2 を飛び出す瞬間の y 座標 $y_1 = \text{$ である。

[の選択肢]

- ① x 軸の正 ② x 軸の負 ③ y 軸の正 ④ y 軸の負

[の選択肢]

- ① $\frac{eEa}{2mv}$ ② $\frac{eEma^2}{2v^2}$ ③ $\frac{eEa^2}{2mv^2}$
④ $\frac{eEa^2}{mv^2}$ ⑤ $\frac{eEa}{v}$ ⑥ $\frac{eEa^2}{2v^2}$

設問 3. 電子が蛍光板にあたったときの y 座標 $y_2 = \text{$ である。

- ① $\frac{Ea(a+2b)}{4V}$ ② $\frac{Ea(a+b)^2}{4V}$ ③ $\frac{Ea(a+2b)}{2V}$
④ $\frac{Eab}{2V}$ ⑤ $\frac{Ea(a+2bm)}{4V}$ ⑥ $\frac{Ea(a+b)}{2V}$

[問題 5] 以下の設問 1～4 の空欄 (40) ～ (50) にあてはまる数字を選び，対応する解答欄にマークしなさい。

図 7 のように，電圧の実効値が $V = 100 \text{ V}$ の内部抵抗が無視できる交流電源に抵抗値 40Ω の抵抗器 R と，自己インダクタンスが 40 mH ，誘導リアクタンスが 40Ω のコイル L ，電気容量が $100 \mu\text{F}$ ，容量リアクタンスが 10Ω のコンデンサー C を直列につないだ RLC 回路がある。また，配線に用いた導線の抵抗は無視できるものとする。

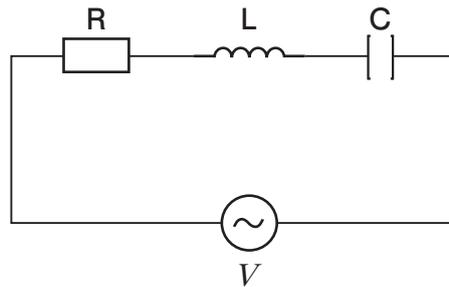


図 7

設問 1. このときの交流電源の角周波数は (40) . (41) $\times 10^{(42)}$ rad/s である。

設問 2. この RLC 回路のインピーダンスは (43) (44) Ω である。

設問 3. この RLC 回路を流れる電流の実効値は . A である。

設問 4. 交流電源の周波数を変えると、この RLC 回路のインピーダンスが最小になった。このとき周波数は Hz で、この RLC 回路を流れる電流の実効値は . A である。ただし、円周率を 3.14 とする。