

物 理

解答は解答用紙の所定の欄に記入すること。

I

問 1 半導体発光素子 LED の正式英語名称を以下から選び番号で答えよ。

- ① Light Electron Diode
- ② Light Emitting Diode
- ③ Light Energy Diode
- ④ Long-life Emission Device
- ⑤ Long-life Ecological Device
- ⑥ Low Energy Device

問 2 X 線の発生が確実に予想される実験を以下からひとつ選び番号で答えよ。

- ① 銃弾を金属板に打ち込んだ。
- ② 高圧送電線の電圧を直流にした。
- ③ 電子顕微鏡で金属試料を観察した。
- ④ 赤外線と紫外線を同時に金属板に照射した。
- ⑤ 液晶ディスプレイの前面パネルをはずした。
- ⑥ 電流を大きくして電球のフィラメントを溶かした。

問 3 直径 $1.0 \times 10^{-3} \text{ m}$ 、長さ 1.0 m の銅線内を自由電子が一斉に速度 $1.0 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ で流れるときの電流 $I [\text{A}]$ を求めよ。電気素量 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、アボガドロ数 6.0×10^{23} 、銅の原子量 64、銅の密度 $8.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、銅原子 1 個当たり 1 個の自由電子をもつと仮定する。もっとも近い値を以下から選び番号で答えよ。

- ① 0.001 ② 0.01 ③ 0.1 ④ 1 ⑤ 10 ⑥ 100 ⑦ 1000 ⑧ 10000

問 4 断面積 $1.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ 、長さ 0.10 m のある金属円柱は、両端からの圧縮に対して、ばね定数 $2.0 \times 10^8 \text{ N/m}$ のばねとみなすことができる。また、この円柱は 1°C の温度上昇に対して 1.0×10^{-5} の割合で長さが伸びる。同一金属で断面積 10 倍、長さ 10 倍の円柱を作製し、温度を 100°C 上昇させた。この円柱を両端から圧縮することにより加熱前の長さに戻すにはどれほどの力 $F [\text{N}]$ が必要か。もっとも近い値を以下から選び番号で答えよ。

- ① 10 ② 20 ③ 100 ④ 200 ⑤ 1000 ⑥ 2000 ⑦ 10000 ⑧ 20000 ⑨ 100000 ⑩ 200000

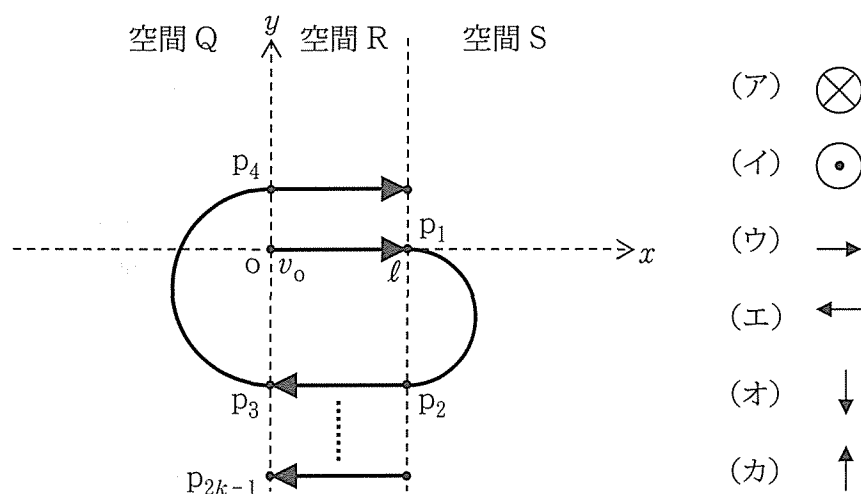
問5 袋の中に大気圧の窒素ガスを封入した。水中に沈めると、この物体は水圧で圧縮され、水深が深くなるほど浮力が減少し、ある深さよりも深く沈めると浮上しなくなる。浮上できる最大の水深として最も近い値を以下から選び番号で答えよ。ただし、窒素ガスと水の温度 300 K、重力加速度 10 m/s^2 、水の密度 $1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、大気圧 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、気体定数 $8.3 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$ 、窒素分子は分子量 28 の理想気体とみなす。袋は自由に変形でき、質量と厚みを無視する。

- ① 1000 m ② 2000 m ③ 3000 m ④ 4000 m ⑤ 5000 m
 ⑥ 6000 m ⑦ 7000 m ⑧ 8000 m ⑨ 9000 m ⑩ 10000 m

問6 空気中から平面ガラスに光を照射すると表面で光が反射するが、ガラス表面に薄膜を 1 層コーティングすると、干渉により反射を抑えることができる。空気の屈折率を n_1 、コーティング膜の屈折率を n_2 、ガラスの屈折率を n_3 とし、 $n_1 < n_2 < n_3$ の関係がある。真空中での光の波長を λ とし、光の入射角が 0 度のときの反射光をもっとも減少させる膜の厚さを以下から選び番号で答えよ。

- ① $\frac{\lambda}{n_1}$ ② $\frac{\lambda}{2n_1}$ ③ $\frac{\lambda}{4n_1}$ ④ $\frac{\lambda}{8n_1}$ ⑤ $\frac{\lambda}{n_2}$ ⑥ $\frac{\lambda}{2n_2}$
 ⑦ $\frac{\lambda}{4n_2}$ ⑧ $\frac{\lambda}{8n_2}$ ⑨ $\frac{\lambda}{n_3}$ ⑩ $\frac{\lambda}{2n_3}$ ⑪ $\frac{\lambda}{4n_3}$ ⑫ $\frac{\lambda}{8n_3}$

II



図のような xy 平面において、質量 m [kg]、電荷 q [C] (q は正とする) の荷電粒子の運動を考える。
 空間 Q を $x < 0$ 、空間 R を $0 \leq x \leq \ell$ [m]、空間 S を $\ell < x$ とする。空間 Q、S には同じ向きで
 磁束密度 B [T] の一様な磁場、空間 R には一様な電場 E [V/m] が存在し、電場の向きは空間 R に
 粒子が入射するのと同時に、粒子の進行方向と同じ向きに切り替わる。図中の実線は粒子の軌跡を
 示す。

粒子が原点 O から x 軸上を正の向きに初速度 v_0 [m/s] で空間 R に入射し、空間 R 内の電場によ
 り加速された。粒子は点 p_1 から空間 S 中に入射し、磁場中で図のような半円軌道を描き、点 p_2 か
 ら再び空間 R に入射し、先ほどとは逆向きの電場により加速され、点 p_3 から空間 Q に入射した。

空間 Q と R との境界面 ($x = 0$) と、空間 R と S との境界面 ($x = \ell$) との電位差を V [V] と
 する。粒子の大きさや重力は無視、粒子は真空中を運動し、ニュートン力学の範囲で考える。また、
 $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ とする。

問 1 空間 Q、S 内の磁場の向きを図中の (ア) ～ (カ) で答えよ。

問 2 この原理に基づいて荷電粒子を加速する装置 (加速器) の名称を答えよ。

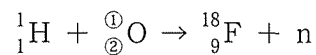
問 3 位置 p_1 における粒子の速度を v_0 、 q 、 V 、 m から必要な記号を用いて答えよ。

問 4 $p_1 p_2$ 間の直線距離を v_0 、 q 、 V 、 m 、 B から必要な記号を用いて答えよ。

問 5 p_1 から p_2 に到達するまでの時間を v_0 、 m 、 q 、 B から必要な記号を用いて答えよ。

問6 位置 p_{2k-1} における粒子の運動エネルギーを v_0 , m , q , V , k から必要な記号を用いて答えよ。
ただし, k は正の整数とする。

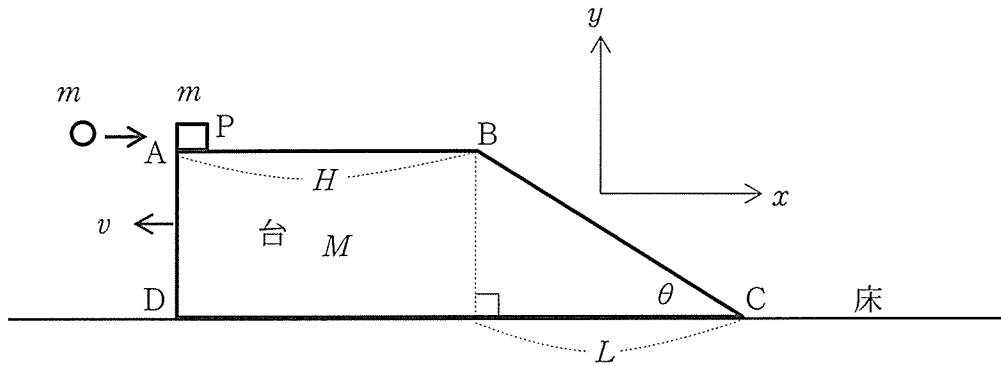
問7 陽電子断層撮影装置 (PET) では, 陽電子を放出する同位元素を製造する際にこの加速器で加速された陽子を利用する。以下の反応式について, ① と ② に適切な整数を記入せよ。
ただし, n は中性子を示す。



問8 この加速器を利用し, 陽子の運動エネルギーを $1.0 \times 10^7 \text{ eV}$ にするために必要な, 問6における k を求めよ。ただし, $V = 1.0 \times 10^5 \text{ V}$, $\frac{mv_0^2}{2} = 1.0 \times 10^6 \text{ eV}$ とする。

問9 放射能の強さ $1.0 \times 10^4 \text{ Bq}$ の ${}_{\textcircled{9}}^{18}\text{F}$ を質量 1.0 g のある物質に注入した。この同位元素は半減期 2.0 時間で, 平均運動エネルギー $1.0 \times 10^5 \text{ eV}$ の陽電子を放出する。陽電子がその運動エネルギーのすべてをこの物質中で失うとき, この物質に対する吸収線量率 (1秒当たりの吸収線量) が, $2.0 \times 10^{-8} \text{ Gy/s}$ になるのは注入して何時間後か。ただし, 対消滅後の光子や注入に要した時間については考えない。

III



図のように、水平右向きおよび鉛直上向きをそれぞれ x , y の正の向きとする。

水平な床面上に、台形の断面 ABCD をもつ質量 M [kg] の台がのせられ、その台の上面の左端 A には質量 m [kg] の小物体 P が置かれている。台は物体 P を左端 A に乗せたまま一定の速度 v (< 0) [m/s] で床面を左向きに滑っている。物体 P と台の上面の間には動摩擦係数 μ の摩擦があり、物体 P と台の斜面 BC、および、台と床面の間に摩擦はない。台の斜面の角度は θ 、上面 AB の長さは H [m]、B から C までの水平距離は L [m] である。物体 P の大きさは無視でき、重力加速度を g [m/s²] とする。

問1 質量 m [kg] の小球を、水平方向の速度 v_0 [m/s] で物体 P に衝突させた。このあと、物体 P は台の上面を一定加速度で減速し、台自身も床面上を一定加速度で減速した。 v と v_0 がそれぞれある値のとき、物体 P が頂点 B で停止すると同時に、台も床面上で停止した。小球と物体 P の衝突は弾性衝突である。 $\frac{m}{M} = k$ とおき、以下の物理量を k , g , μ , H を使って表せ。

- ① 物体 P が台の上面を滑っている間の床面に対する台の加速度
- ② 小球が衝突した直後の台に対する物体 P の速度
- ③ 物体 P が頂点 A から頂点 B に到達するまでの時間
- ④ v
- ⑤ v_0

問2 台の頂点 B で一旦停止した物体 P は、その後、初速 0 [m/s] で斜面を下り始めた。同時に、台も静止状態から一定の加速度の大きさ a [m/s²] で左向きに床面を滑り始めた。 $\frac{m}{M} = k$ とおき、①～③の物理量を k, g, θ, L を使って表せ。

① a

② 床面から見た物体 P の x 方向の加速度の大きさ A_x 、および、 y 方向の加速度の大きさ A_y

③ 物体 P が頂点 B から斜面下端 C に到達するまでの時間

④ M が m に比べて十分に大きいとき、C に達した物体 P の運動エネルギーは、B、C における位置エネルギーの差に等しく、いっぽう、台の運動エネルギーは 0 に等しいとみなすことができる。これらのことを数式を使って説明せよ。