物　　　理

Ⅰ　$\boxed{}$ にあてはまる最も適当な数字をマークすること。数値で解答する問題には有効数字２桁で答えよ。$\boxed{\text{シ}}$ の解答は最も適当なものを該当する解答群から一つ選べ。

(1)　地面からの高さが 9.8 m の位置で，物体を水平方向と斜め上方 30° をなす方向に初速度 9.8 m/s で投げ上げた。重力加速度の大きさを $g = 9.8\ \mathrm{m/s^2}$，$\sqrt{3} = 1.7$ とすると，物体が地面に落下するまでにかかる時間は $\boxed{\text{ア}}.\boxed{\text{イ}}$ s であり，地面に落下するまでの物体の水平方向の移動距離は $\boxed{\text{ウエ}}$ m となる。また，物体が最高点に達するまでの物体の水平方向の移動距離は $\boxed{\text{オ}}.\boxed{\text{カ}}$ m である。

(2)　(a)　80 ℃ で 4200 g のアルミの容器に 20 ℃ で 90 g の水を入れた。じゅうぶん時間が経過するとアルミ容器と水の温度は $\boxed{\text{キク}}$ ℃ になる。ただし，熱は容器と水の間でのみ移動するものとし，アルミと水の比熱はそれぞれ 0.90 J/(g･K)，4.2 J/(g･K) とする。

(b)　銅の線膨張率を 1.7×10^{-5}/K とすると，０℃ のとき 30 m の長さの銅の棒は 30 ℃ になると $\boxed{\text{ケ}}.\boxed{\text{コ}} \times 10^{-\boxed{\text{サ}}}$ m だけ伸びる。

(3)　図のように，２枚の平面ガラスを重ねて，ガラスが接している点 O から $L = 0.15$ m の位置に厚さ D〔m〕の薄い紙をはさむ。真上から波長 $\lambda = 6.0 \times 10^{-7}$ m の光を入射させ上から見ると，暗線の間隔が Δx〔m〕の明暗の縞が見えた。Δx を L，D，λ を用いて表すと $\boxed{\text{シ}}$ となる。また，$\Delta x = 1.5$ mm であるとすると，$D = \boxed{\text{ス}}.\boxed{\text{セ}} \times 10^{-\boxed{\text{ソ}}}$ m となる。

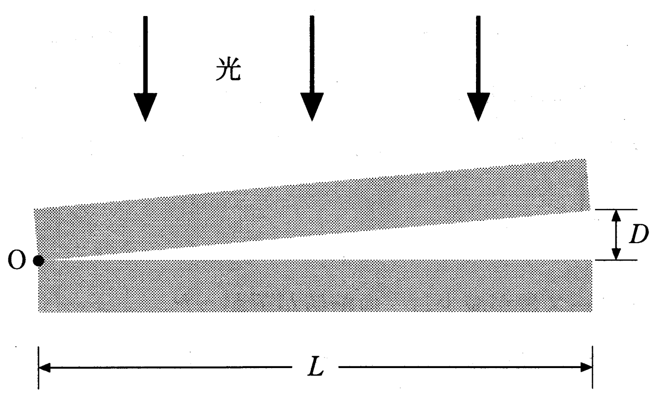

図１

$\boxed{\text{シ}}$ の解答群

① $\dfrac{L\lambda}{D}$　② $\dfrac{L\lambda}{2D}$　③ $\dfrac{D\lambda}{L}$　④ $\dfrac{D\lambda}{2L}$　⑤ $\dfrac{DL}{\lambda}$　⑥ $\dfrac{DL}{2\lambda}$

Ⅱ $\boxed{}$ にあてはまる最も適当な数字をマークすること。整数以外の数値で解答する問題には有効数字２桁で答えよ。

⑴ 図のように，原点Ｏから 0.20 m 離れた x 軸上の点Ｐと点Ｑに，それぞれ -6.0×10^{-9} C と $+6.0\times10^{-9}$ C の電荷を置く。原点Ｏから 0.15 m 離れた y 軸上の点をＡ，原点から 0.40 m 離れた x 軸上の点をＢとする。クーロンの法則の比例定数を $k_0 = 9.0\times10^{9}\ \mathrm{N\cdot m^2/C^2}$ とすると，点Ｏ，Ａにおける電場の大きさはそれぞれ，$\boxed{\text{ア}}.\boxed{\text{イ}}\times10^{\boxed{\text{ウ}}}$ N/C，$\boxed{\text{エ}}.\boxed{\text{オ}}\times10^{\boxed{\text{カ}}}$ N/C となる。また，点Ｂと点Ｏの電位差は $\boxed{\text{キ}}.\boxed{\text{ク}}\times10^{\boxed{\text{ケ}}}$ V である。

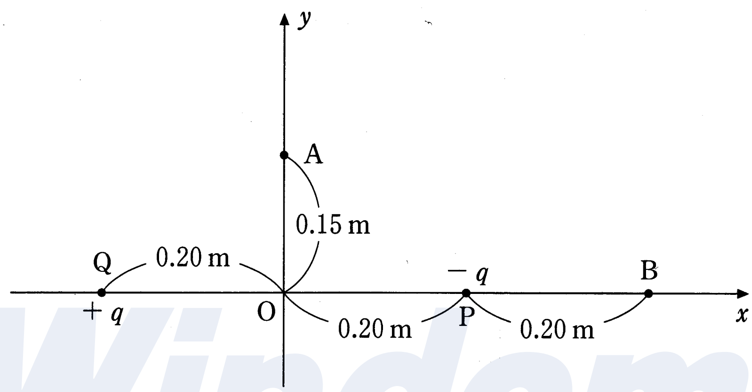

図 1

⑵ 速さ 3.0×10^{6} m/s で動く電子の電子波の波長は $\boxed{\text{コ}}.\boxed{\text{サ}}\times10^{-\boxed{\text{シス}}}$ m である。ただし，電子の質量を 9.1×10^{-31} kg，プランク定数を $h = 6.6\times10^{-34}$ J·s，真空中の光の速さを $c = 3.0\times10^{8}$ m/s，電気素量を 1.6×10^{-19} C とする。真空中で静止した電子を加速してこの速さの電子を得るには $\boxed{\text{セソ}}$ V の加速電圧が必要である。

⑶ 核融合反応 ${}^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{2}_{1}\mathrm{H} \longrightarrow {}^{A}_{Z}\mathrm{X} + {}^{1}_{1}\mathrm{H}$ で得られる原子核Ｘの質量数Ａと原子番号Ｚはそれぞれ $\boxed{\text{タ}}$ と $\boxed{\text{チ}}$ である。${}^{2}_{1}\mathrm{H}$ と ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$ の核子１個当たりの結合エネルギーをそれぞれ 1.1 MeV と 2.8 MeV とすると，この反応で放出されるエネルギーは $\boxed{\text{ツ}}.\boxed{\text{テ}}$ MeV となる。

Ⅲ $\boxed{}$ にあてはまる最も適当なものを対応する解答群の中から一つずつ選べ。ただし，$\boxed{\text{ア}}$ ，$\boxed{\text{イ}}$ ，および $\boxed{\text{キ}}$ ～ $\boxed{\text{コ}}$ については，最も適当な数字をマークすること。分数形で解答する問題には既約分数(それ以上約分できない分数)で答えよ。根号を含む形で解答する問題には，根号の中に現れる自然数が最小となる形で答えよ。

質量 M，長さ L で密度が一様な細い剛体棒がある。図1のように，棒は地面上の点Oのまわりに自由に回転できるよう，その一端が固定されており，他端に取り付けられた軽い糸で水平方向に引かれて，地面とのなす角 θ を保ち静止している。

剛体棒に接触する位置に，水平方向になめらかに移動できる質量 $3\,m$ の台車があり，台車には質量 m の小球が載せられている。台車左端の点Aから台車の床上の点Bを結ぶ曲線は，Bの真上の点Cを中心とする半径 h，中心角 90° の円弧であり，点Bから台車右端の点Dまでは水平な床である。

重力加速度の大きさを g，小球は台車上を摩擦なく移動できるものとして，以下の問いに答えよ。

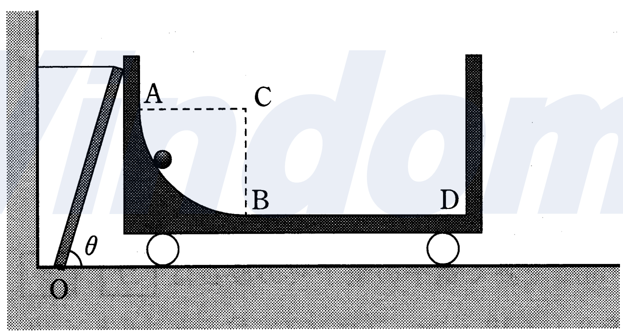

図1

(a) 剛体棒の重心の位置と点Oの距離は $\dfrac{\boxed{\text{ア}}}{\boxed{\text{イ}}}L$ であり，小球も台も静止しているとき糸の張力を T とすると，この力による点Oのまわりの力のモーメントの大きさは $\boxed{\text{ウ}}$ $\times\,TL$ となる。棒が静止しているとき，糸の張力は $T=$ $\boxed{\text{エ}}$ $\times\,Mg$ と表わされる。

$\boxed{\text{ウ}}$ ，$\boxed{\text{エ}}$ の解答群

① $\sin\theta$　② $3\cos\theta$　③ $2\tan\theta$　④ $\dfrac{1}{2}\sin\theta$　⑤ $\dfrac{1}{3}\cos\theta$

⑥ $\dfrac{1}{4}\tan\theta$　⑦ $\dfrac{2}{\sin\theta}$　⑧ $\dfrac{1}{\cos\theta}$　⑨ $\dfrac{1}{2\tan\theta}$

(b) 小球を台車左端の点Aから初速0で台車上を運動させたところ，小球が点Bまで滑り降りて点Dに至るまで剛体棒を引っ張る糸はたるむことなく，台車は静止したままであった。$\angle PCB = \phi$となる円弧AB上の点をPとすると，この点を通過する小球の速さは$V_P = \sqrt{\boxed{\text{オ}} \times gh}$，点Pで小球が台車から受ける垂直抗力の大きさは$\boxed{\text{カ}} \times mg$である。小球が点Aから点Bまで滑り降りるまでの間，糸の張力が最小となるのは$\phi = \dfrac{\boxed{\text{キ}}}{\boxed{\text{ク}}}\pi$となる点Pを通過するときである。

$\boxed{\text{オ}}$，$\boxed{\text{カ}}$ の解答群

① $\sin\phi$	② $\cos\phi$	③ $\sin\phi + \cos\phi$
④ $2\sin\phi$	⑤ $2\cos\phi$	⑥ $2\sin\phi + \cos\phi$
⑦ $3\sin\phi$	⑧ $3\cos\phi$	⑨ $3\sin\phi + 2\cos\phi$

(c) 小球が点Bを通過して台車右端の点Dまで達した後，小球は台車の右端の壁に接触したまま台車と共に速さV_Dで運動した。$V_D = \dfrac{\sqrt{\boxed{\text{ケ}}}}{\boxed{\text{コ}}} \times \sqrt{gh}$であり，台車が動きはじめる前後において，小球と台車に対し $\boxed{\text{サ}}$ 。

$\boxed{\text{サ}}$ の解答群

① 力学的エネルギーと運動量が保存される

② 力学的エネルギーは保存されるが，運動量は保存されない

③ 力学的エネルギーは保存されないが，運動量は保存される

④ 力学的エネルギーも運動量も保存されない

(d) 剛体棒の質量が $M < m_1$(ただし，$m_1 = \boxed{\text{シ}}\ m$)を満たすほど軽い場合，小球がAB間を滑り降りる間に棒を引っ張る糸はたるみ，台車が小球の反動を受けて移動する。

$M > m_1$ のとき，小球が点Aから初速0で滑り降り点Bを通過する速さを v_1，$M < m_1$ のとき，小球が点Aから初速0で滑り降り点Bを通過する速さを v_2 とすると，$\boxed{\text{ス}}$ 。ただし，v_1，v_2 は地面に対する速さである。

$\boxed{\text{シ}}$ の解答群

① $\sin\theta$　② $2\cos\theta$　③ $3\tan\theta$　④ $\dfrac{1}{2}\sin\theta$　⑤ $\dfrac{1}{3}\cos\theta$

⑥ $\dfrac{1}{4}\tan\theta$　⑦ $\dfrac{1}{\sin\theta}$　⑧ $\dfrac{1}{2\cos\theta}$　⑨ $\dfrac{1}{3\tan\theta}$

$\boxed{\text{ス}}$ の解答群

① $v_1 < v_2$ が成り立つ
② $v_1 = v_2$ が成り立つ
③ $v_1 > v_2$ が成り立つ
④ 剛体棒を立てかけた角度 θ に依存して v_1 と v_2 の大小関係がかわる
⑤ 糸がたるみはじめる時間に依存して v_1 と v_2 の大小関係がかわる
⑥ 点Aの床からの高さに依存して v_1 と v_2 の大小関係がかわる

Ⅳ $\boxed{}$ にあてはまる最も適当なものを対応する解答群から一つずつ選べ。ただし，$\boxed{\text{オ}}$ ～ $\boxed{\text{コ}}$ ，および $\boxed{\text{シ}}$ ～ $\boxed{\text{ソ}}$ については，最も適当な数字をマークすること。分数で解答する問題には既約分数(それ以上約分できない分数)で答えよ。真空の透磁率を μ_0 とする。

(1) 半径 a，長さ d，全巻き数 N で電気抵抗の無視できるソレノイドに電流 I が流れている。ただし，長さ d は半径 a に比べて十分大きいとする。ソレノイド内部の磁場 H の強さは $\boxed{\text{ア}}$ $\times I$ である。ソレノイドの自己インダクタンスは $\boxed{\text{ア}}$ $\times$ $\boxed{\text{イ}}$ と表すことができる。

$\boxed{\text{ア}}$ ，$\boxed{\text{イ}}$ の解答群

① N　② $\mu_0 N$　③ $\dfrac{N}{d}$　④ $\dfrac{\mu_0 N}{d}$

⑤ $\pi(Na)^2$　⑥ $\mu_0\pi(Na)^2$　⑦ $N\pi a^2$　⑧ $\mu_0 N\pi a^2$

(2) 断面積 S，長さ d で透磁率 μ の鉄心に，全巻き数 N_1 で導線を巻いたソレノイドがある。ただし，鉄心は十分長いとする。ソレノイドに電流 I を流したとき，鉄心内部の磁束密度の大きさは $\boxed{\text{ウ}}$ $\times I$ である。ソレノイドのまわりに全巻き数 N_2 で導線を巻いたコイルを二次コイルとする。ソレノイドと二次コイルを貫く磁束が等しいとすると，2つのコイルの相互インダクタンスは $\boxed{\text{ウ}}$ $\times$ $\boxed{\text{エ}}$ と表すことができる。

$\boxed{\text{ウ}}$ の解答群

① $\mu_0 N_1$　② μN_1　③ $\mu_0 N_2$　④ μN_2　⑤ $\dfrac{\mu_0 N_1}{d}$　⑥ $\dfrac{\mu N_1}{d}$

$\boxed{\text{エ}}$ の解答群

① N_1　② N_2　③ $N_1 S$　④ $N_2 S$　⑤ $\dfrac{N_1 S}{d}$　⑥ $\dfrac{N_2 S}{d}$

(3) 図1に示すように，自己インダクタンス L のコイルL，抵抗値がそれぞれ R，$3R$，R の抵抗 R_1，R_2，R_3，起電力 E の直流電源E，およびスイッチSからなる回路を考える。コイルや導線の電気抵抗および直流電源の内部抵抗は無視できる。はじめスイッチSは開いており，回路に電流は流れていない。

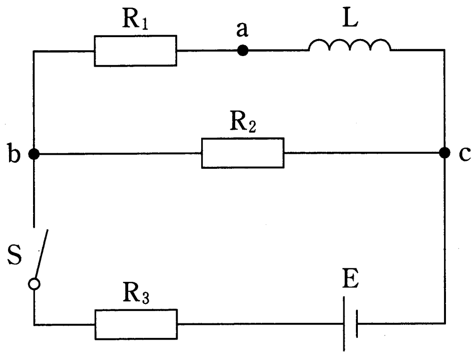

図1

(a) 時刻 $t=0$ においてスイッチSを閉じた。この直後に抵抗 R_2 を流れる電流の大きさは $\dfrac{\boxed{\text{オ}}}{\boxed{\text{カ}}} \times \dfrac{E}{R}$ である。Sを閉じてじゅうぶん時間が経過し電流が一定になったあと，抵抗 R_1 を流れる電流の大きさは $\dfrac{\boxed{\text{キ}}}{\boxed{\text{ク}}} \times \dfrac{E}{R}$ であり，点bの電位は点cの電位に比べて $\dfrac{\boxed{\text{ケ}}}{\boxed{\text{コ}}} \times E$ だけ $\boxed{\text{サ}}$。

(b) (a)でスイッチSを閉じてじゅうぶん時間が経過したあと，時刻 $t=T$ においてSを開いた。直後に抵抗 R_2 を流れる電流の大きさは $\dfrac{\boxed{\text{シ}}}{\boxed{\text{ス}}} \times \dfrac{E}{R}$ である。このとき点bの電位は点cの電位に比べて $\dfrac{\boxed{\text{セ}}}{\boxed{\text{ソ}}} \times E$ だけ $\boxed{\text{タ}}$。

$\boxed{\text{サ}}$，$\boxed{\text{タ}}$ の解答群

① 高い　　② 低い

(c)　(a), (b)の過程において，横軸に時刻 t，縦軸に抵抗 R_1 を流れる電流をとったグラフは $\boxed{\quad\text{チ}\quad}$ である。ただし，電流の向きは b から a の向きを正とする。

また，横軸に時刻 t，縦軸に点 c に対する点 a の電位をとったグラフは $\boxed{\quad\text{ツ}\quad}$ である。

$\boxed{\quad\text{チ}\quad}$ ，$\boxed{\quad\text{ツ}\quad}$ の解答群