

		分野	問題概要	
第 1 問 各分野 から		問 1 運動と仕事	なめらかな斜面に沿って物体を上昇したときの仕事	
		問 2 力のつりあい	物体を 3 方向からばねばかりで引いて静止したときの力	
		問 3 静電気	ガラス棒を絹の布でこすったときの帯電現象	
		問 4 音波	音波の届く時間から観測者や反射物体 (ビル) の距離計算	
		問 5 温度と熱量	温度と熱容量の異なる物体を接触させたときの熱量の授受	
第 2 問 波 電気	A	問 1 波のうなり	2 つの波の波形を合成した波形とうなりの周期	
		問 2 同上	2 つの波の振動数によって、うなりの周期の式を表現	
	B	問 3 抵抗とジュール熱	抵抗に電流を流して発生したジュール熱から抵抗値を算定	
		問 4 抵抗値の大小	抵抗率、断面積、長さが異なる材料の抵抗値の大小関係	
第 3 問 力 運動	A	問 1 重力下の運動	静止台車から小球打ち上げの最高点に達するまでの時間	
		問 2 移動物から打ち上げ	定速移動の台車から小球を打ち上げたときの高さ、落下位置	
	B	問 3 滑車とひも	滑車とひもで 3 つの物体をつるしたときの張力	
		問 4 同上で落下運動	同上でひもを放したときの物体の落下の加速度	

合計 13 問

< 総評 >

理科 の (物理基礎、化学基礎、生物基礎、地学基礎) の 4 科目の中から 2 科目を選択して解答する (各科目 50 点) 。 1 科目受験は認められない。

したがって、各科目実質 30 分以内で解答することが求められる。13 問だから、1 問 2 分以内の解答がめやすである。試験形式や内容は昨年度とほぼ同じである。

科目名通り、基礎的な問題であり、ことさら難しいものではない。教科書をよく読んで練習問題によって理解を確認しておけば対応できる。とはいえ思考を重ね、きちんと計算しなければならない問題は、時間を要する。直観的な判断で解答できるものは、そのようにして、時間の余裕をつくり出したい。

やや時間がかかりそうな問題は、

第 1 問 問 5

第 3 問 問 4

一方、時間余裕をつくり出したい問題は、

第 1 問 問 1、問 2、問 3

第 2 問 問 1、問 2

第 3 問 問 2

特に第 3 問の問 4 は運動方程式を立てないと、答えが出ない。直感的に正解を導けない。

		分野	問題概要	難易
第 1 問 各分野 (必答)		問 1 衝突後の一体運動	衝突後一体となった物体の運動エネルギー	B
		問 2 音波の特性の正誤	音波の特性に関する適当な記述を選択	C
		問 3 点電荷の作る電場	正方形の頂点に正負交互に置かれた点電荷の作る電場	B
		問 4 気体分子の運動	運動エネルギーと絶対温度、分子量の関係	B
		問 5 重心の位置	円板から円板をくり抜いたときの重心の位置変化	B
第 2 問 電磁気 (必答)	A 回路	問 1 コンデンサー	RC 直列回路で C の充電電流の変化グラフ	C
		問 2 抵抗とジュール熱	C の電荷の放電電流が抵抗で発生するジュール熱	B
	B 電磁	問 3 磁場とコイル	磁場の中に入るコイルに誘導される電流波形グラフ	C
		問 4 磁場中の落下運動	重力下で磁場中を落下するコイルの等速落下運動	A
第 3 問 波動 (必答)	A 波動	問 1 波動のグラフと式	正弦波のグラフから周期と位相を求める	B
		問 2 定常波	反射端からの反射波と入射波の重ね合わせ	A
		問 3 弦の振動	基本振動、2 倍振動の波のグラフと重ね合わせ	B
	B 光波	問 4 光波の干渉	2 枚のガラス板間で反射した光と透過した光の干渉	B
		問 5 (2 問) 同上	同上でレーザー光の振動数を変化させたときの干渉	B
第 4 問 力学 気体 (必答)	A 力学	問 1 ばねの力と運動	あらい面上の物体をばねで引っ張るときの力	B
		問 2 同上	同上で物体の動き始めから速度が 0 までの時間	A
	B 気体 圧力	問 3 圧力とばね	ピストンの両側の気体の圧力とばねの力のつりあい	A
		問 4 同上	気体の温度上昇による内部エネルギーの増加	B
		問 5 同上	気体の状態変化の pV グラフと仕事の関係	C
第 5 問 惑星運動 (選択)	万有 引力 と 運動	問 1 ケプラーの法則	第二法則から得られる関係式	B
		問 2 万有引力と運動	万有引力による運動エネルギーと位置エネルギー	B
		問 3 同上	惑星の等速円運動、楕円運動の速さとエネルギー	B
第 6 問 原子核 素粒子 (選択)		問 1 原子核と素粒子	5 つの記述から正しいものを選択	B
		問 2 、 崩壊	、 崩壊による原子量と原子番号の変化	B
		問 3 崩壊の確率	原子核崩壊による残存原子数のシミュレーション	B

合計 23 問 A : 4 問 B : 15 問 C : 4 問 難易度 : A 高, B 中, C 低

< 総評 >

設問数は昨年と同じ。かなり難しいと思われる問題はない。平均的な難易度 (B) の問題が多い印象である。

計算や思考を要する問題も混じっているので、設問を平均 2 分強で解答することは、なかなか厳しい。長文を迅速に読み、同時に題意等を理解し解法を考える訓練を日ごろからしておこう。教科書を熟読し練習問題を解いて、物理の基本的な知識と考え方をしっかり身に付けておこう。

問題文や図、グラフ等を的確に迅速に理解することも大事だ。やはり日ごろの勉強の質と量が問われる。計算するまでもなく、物理的直観や考察で解答できる問題は、そのようにして時間を費やさないようにしよう。

理科 (物理基礎, 化学基礎, 生物基礎, 地学基礎) 2科目選択, 60分, 各科目50点
物理基礎 (解答番号 1 ~ 13)

第1問 次の問い(問1~5)に答えよ。(配点 20)

問1 ① 難易度C

小物体に加えた力がした仕事は, エネルギー保存の法則により, 位置エネルギーの増加となる。
位置エネルギーの増加は mgh

問2 ② 難易度C

物体が静止しているので, 物体に働く力はつりあっている。水平方向の力のつりあいにより,
 $F_A = \frac{F_C}{\sqrt{2}}$, 垂直方向の力のつりあいにより, $F_B = \frac{F_C}{\sqrt{2}}$, したがって $F_A : F_B : F_C = 1 : 1 : \sqrt{2}$

問3 ⑧ 難易度C

ガラス棒が正に帯電したということは, ガラス棒から絹に電子が移動したためである。電子は負の電荷をもっているので, 電子が絹の布に移動すると, 電氣的に中和状態のガラス棒において, 負の電荷が不足するので正に帯電する。

問4 ⑤ 難易度B

空気中の音速は約340m/sであることは覚えていなければならない。観測者はピストルから直接届く音を $t=1.0\text{s}$ に聞いたのだから, ピストルと観測者の距離は約340m。反射して届く音を $t=2.0\text{s}$ に聞き, ピストルからビルまでの往復に1.0sかかったので, ピストルとビルの距離は約170m。
したがって, L の値はおよそ $340 + 170 = 510\text{m}$ 。

問5 ⑨ 難易度B

物体Aの温度は $(50 - 30) = 20$ 低下したのだから, 物体Bに与えた熱量は $20 \times C_A = 6.0 \times 10^3 \text{J}$ 。
物体Bの温度は $(30 - 18) = 12$ 上昇したのだから, 物体Bが得た熱量は $12 \times C_B$ 。

両者は等しいから $20 \times C_A = 12 \times C_B$, $C_B = \frac{5}{3} C_A$, $\therefore C_A < C_B$

第2問 次の文章(A・B)を読み, 下の問い(問1~4)に答えよ。(配点 15)

A

問1 ⑦ 難易度B

図1(c)のグラフを見る。(a), (b)の波の重なり方がわかる。実線と破線の波の正負が逆で, 変位が打ち消し合う時刻と, 正負が同じで変位が2倍になる時刻がある。該当する変位の波形は(エ)とわかる。変位が2倍になっている時間にうなりが発生するから, その周期はAである。

問2 ② 難易度B

うなりの周期を T とすれば, T 秒ごとに, 2つの波の山がぴったり重なる。 T 秒間の波の山の数は, それぞれ Tf_1 , Tf_2 である。この山がちょうど1つずれたとき(山の数の差がちょうど1つ)に, 波の山がぴったり重なって強め合う。したがって, $Tf_1 - Tf_2 = 1$, $\therefore T = \frac{1}{f_1 - f_2}$

うなりの1秒間の発生回数は2つの波の振動数の差, 周期はその逆数と覚えておこう。

B

問3 ④ 難易度C

抵抗値 R の抵抗に大きさ I の電流を流すと、単位時間あたりに発生するジュール熱は

$$RI^2 = R\left(\frac{V}{R}\right)^2 = \frac{V^2}{R}。したがって、12 = \frac{6^2}{R}, R = 3 \Omega。$$

問4 ⑥ 難易度B

(抵抗値 = 抵抗率 × 長さ ÷ 断面積) は知っていなければならない。暗算によって、

$$R_a = 1.7 \times 10^{-1}, R_b = 1.0, R_c = 2.0 \times 10, \text{したがって } R_c > R_b > R_a$$

第3問 次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～4)に答えよ。(配点 15)

A

問1 ② 難易度C

$$v = v_0 - gt, \text{最高点では } v = 0 \text{ だから, } t = \frac{v_0}{g}$$

問2 ⑨ 難易度B

台車は水平方向に動いているので、小球の鉛直上向き初速は v_0 のまま。したがって小球が到達する最高点の高さは変わらない。また小球は水平方向に台車と同じ速さで動くから、小球は台車の中に落下する。

コメント：

小球は台車の中にあっただから、台車と同じ水平方向の速さで水平方向に動いていた。発射後も、水平方向に力は働いていないので、同じ速さで動く。

B

問3 ④ 難易度B

直感的に $T = mg$ としたいところだ。

図1を参照する。AB間の糸の張力を T_1 、BC間の糸の張力を T_2 とする。物体に働く力のつりあいを考える。

物体Aは静止しているので、 $T + mg = T_1$

物体Bは静止しているので、 $T_2 + mg = T_1$

物体Cは静止しているので、 $mg = T_2$

したがって、 $T = mg$

問4 ① 難易度A

図1で $T = 0$ とし、物体B、Cが加速度 α で下降、

物体Aが加速度 α で上昇するとする。

物体Aの運動方程式は $m\alpha = T_1 - mg$

物体Bの運動方程式は $m\alpha = T_2 + mg - T_1$

物体Cの運動方程式は $m\alpha = mg - T_2$

この3式の両辺の和をとると $3m\alpha = mg, \alpha = \frac{1}{3}g$

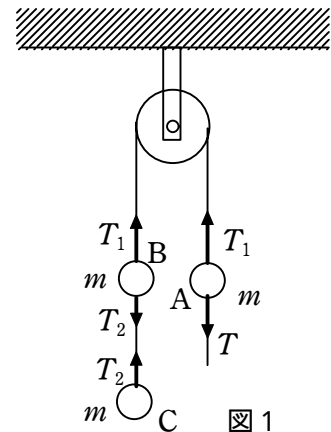


図1

コメント：

糸の張力を T_1, T_2 などと設定して考える。問3では、左側が2個の小球で引っ張り、右側は小球1個だから、 $T=mg$ でつりあうと考える。問4では、物体A, B, Cの加速度は同じとして運動方程式を考える。

理科 (物理, 化学, 生物, 地学) 1科目受験では60分, 100点

物理 (注)この科目には、選択問題があります。(3ページ参照。)

60分, 100点

第1問 (必答問題)

次の問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ①～⑤] (配点 25)

問1 ⑤ 難易度B

一体となった後の速さを v' とすれば、運動量保存の法則により、

$$mv = (M + m)v', \therefore v' = \frac{mv}{M + m}$$

したがって一体となった物体の運動エネルギーは $\frac{1}{2} \times (M + m) \times \left(\frac{mv}{M + m}\right)^2 = \frac{m^2 v^2}{2(M + m)}$

問2 ③ 難易度C

- ①× 音速は振動数や波長に関係なく、媒質の種類と温度によって決まる。
- ②× 1オクターブ音を高くすると振動数は2倍になる。波長は1/2と短くなる。
- ③ 波動は障害物の背後にまわりこむ。この現象を回折と呼ぶ。
- ④× 振動数が少し異なる二つの波が重なるときに、うなりが生じる。
- ⑤× 音源が観測者に近づく速さが大きいほど、観測者の聞く音の振動数は大きくなる。

問3 ⑦ 難易度B

AとDの電荷が点Pに作る電場の横方向成分は打消しあい、電場は縦上方に向く。BとCの電荷がPに作る電場の横方向成分は打消しあい、電場は縦下方に向く。縦下方の電場の方が上方に向く電場より大きい。

問4 ① 難易度B

単原子分子理想気体の気体分子の平均運動エネルギー $\frac{1}{2} m \overline{v^2} = \frac{3}{2} kT$ である。絶対温度に比例する。

質量 m によらないから、分子量によらない。2乗平均速度 $\overline{v^2}$ は、 m が小さいほど大きい。同じ温度のヘリウム(He)とネオン(Ne)では、質量はヘリウムの方が小さいから、2乗平均速度はヘリウムの方が大きい。

問5 ② 難易度B

元の円板の重心は円の中心O(座標の原点とする)、円板Aの重心は円の中心O'である。元の円板から左にずれた円板Aを切り取った物体Bの重心は元の円板の重心Oより右にずれる。

物体Bの重心の座標を x 、円板Aと物体Bの質量をそれぞれ m_A, m_B とする。円板Aと物体Bを合わせた物体(元の円板)の重心の座標は、

$$\frac{-1 \times m_A + x m_B}{m_A + m_B} \text{であり,これが0と一致するので, } -m_A + x m_B = 0, \therefore x = \frac{m_A}{m_B} = 0.8$$

コメント：

各分野における基礎知識を理解していれば、特段難しいことはない。いかにスムーズに解答できるかが問われる。問1は運動エネルギーの保存の法則、問2は音波の性質、問3は正負電荷が作る電場の性質、問4は気体分子の運動、問5は物体の重心の概念とその合成が基本知識となっている。

第2問(必答問題)

次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～4)に答えよ。

[解答番号 ① ~ ④] (配点 20)

A

問1 ① 難易度C

直流電源の正極からR, Cへ電流Iが流れる。はじめCには電荷が蓄積されていないので大きな電流が流れ、蓄積が進むにつれ、電流は単調に小さくなり0となる。

問2 ⑧ 難易度B

コンデンサーに蓄えられた電荷が放電して、抵抗に電流が流れジュール熱を発生する。コンデンサーに蓄積されていたエネルギー $\frac{CV^2}{2}$ がジュール熱となる。

B

問3 ④ 難易度C

紙面の裏から表にコイルを貫く磁束が増加するので、その増加を減少させる向きに電流が流れる。すなわち電流はadcbの向き(負の向き)に流れる。コイルが落下する速さは一定なので、磁束の変化の速さは一定だから、電流は一定である。コイル全体が磁場中に入った時刻 $t=T$ で、コイルを貫く磁束の変化はなくなるので、電流は流れなくなる。

問4 ④ 難易度A

コイルが一定の速さで落下するということは、力が全体として働いていないということである。コイルに対して鉛直下方に重力 mg 、上方に電磁力 wIB が働き、これらが等しい。磁束の変化による発生電圧は vwB だから、電流 $I = \frac{vwB}{R}$ 。したがって $mg = wIB = \frac{vw^2B^2}{R}$ 、 $\therefore v = \frac{mgR}{B^2w^2}$

コメント：

コイルが磁場中に完全に入るまでは、コイルを貫く磁束が変化するので、電流が流れコイルに電磁力が働く。完全に入って、貫く磁束が変化しなくなると、電流は流れなくなる。磁場中を動くコイル(導体棒)に流れる電流と働く力を的確に理解していること。

第3問 (必答問題)

次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ① ~ ⑥] (配点 20)

A

問1 ⑥ 難易度B

図1の2つの波形を見ると、0.1秒で $\frac{1}{4}$ 波長進んでいるので、1波長進むのに0.4秒かかる。したがって、周期 T は0.4秒。またグラフから $t=0$ のとき、 $x=0$ で正弦波が最大値 $y=0.1$ をとることがわかるので $\alpha = \frac{\pi}{2}$ 。

問2 ② 難易度A

実線と破線の波を重ねてみると、 $-0.2\text{ m} \leq x \leq 0.2\text{ m}$ では、 $x = -0.1, 0.1\text{ m}$ において、波の振幅が0になることがわかる。固定端反射の場合、反射端での振幅が0になるように、入射波に対して位相が π ずれた反射波が発生する。ここでは、そのようになっていない。自由端では、入射波がそこで折り返したように反射する。 $x = 0, 0.2, 0.4$ では入射波と反射波は線対称になっている。したがって $x = 1.0\text{ m}$ でもそうなる。したがって、自由端反射である。

問3 ① 難易度B

基本振動では $t = \frac{4}{8}T = \frac{1}{2}T$ で半周期経過した後の $t = \frac{5}{8}T$ の波は $\frac{3}{8}T$ の波と同じ。

2倍振動では、周期は $\frac{1}{2}T$ と基本振動の半分になるから、 $t = \frac{5}{8}T$ の波は $\frac{5}{8}T - \frac{1}{2}T = \frac{1}{8}T$ の波と同じ。

合成波は(a)と(c)を重ねて、(e)となる。

コメント：

問2では固定端反射か自由端反射か、スムーズに判断したい。ここでは、両波形の関係を良く観察し、 $x = 0, 0.2, 0.4$ で線対称であることに気づきたい。すると $x = 1.0\text{ m}$ でも線対称だから、自由端反射であると判断できる。もちろん、固定端反射、自由端反射の意味を理解していなければならない。

問3では、2倍振動では周期が基本振動の半分になることから、 $\frac{5}{8}T$ の $\frac{1}{8}T$ の波と同じになることをスムーズに気づきたい。

B

問4 ④ 難易度B

真空中からガラス面で反射するとき、位相は π だけ変化する。屈折率の低い媒質から高い媒質で反射するとき、位相が π ずれる(固定端反射に相当)。高い媒質から低い媒質で反射するときは、そのまま反射する(自由端反射に相当)。

一方の透過光は面 A_1 と B_1 の間を往復するから、間隔を d から徐々に $d + \frac{\lambda}{2}$ に増やしていくと、光路長の差が $2 \times \left(d + \frac{\lambda}{2}\right) = 2d + \lambda$ となるから、二つの透過光は干渉により、弱めあってから、さらに強めあう。ここでは、ガラス面で2度反射して位相のずれは 2π になるので、反射による位相のずれの影響を考慮する必要はない。

問5 ③, ⑥ 難易度 B

二つの透過光が干渉によって強めあったので、光路長差 $2d$ が波長の整数倍、すなわち $\frac{2d}{\lambda} = m$ 。

$$\lambda = \frac{c}{f} \text{ だから, } f = m \frac{c}{2d} = \boxed{5}.$$

f から $f + \Delta f$ まで大きくして、二つの透過光は一度弱めあったのち、再び強めあったので、

$$f + \Delta f = (m + 1) \frac{c}{2d} \text{ が成立する。 } \Delta f = \frac{c}{2d} = \frac{3 \times 10^8}{2 \times 0.1} = 1.5 \times 10^9 \text{ Hz} = \boxed{6}$$

第4問 (必答問題)

次の文章(A・B)を読み、下の問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 $\boxed{1}$ ~ $\boxed{5}$] (配点 20)

A

問1 ② 難易度 B

小物体が静止したままなので、ばねによる力 kx を小物体とあらい水平面との間の静止摩擦力 μmg が抑止している。すなわち $kx \leq \mu mg$ 、したがって $kx_M = \mu mg$ 、 $\therefore x_M = \frac{\mu mg}{k}$

問2 ⑤ 難易度 A

小物体にはばねの力と逆方向に動摩擦力 $\mu' mg$ が働くので、小物体に働く力は

$$F = -kx + \mu' mg = -k \left(x - \frac{\mu' mg}{k} \right) = -kX, \quad ma = -kX \text{ となる。この力は } x = \frac{\mu' mg}{k} \text{ を中心として}$$

単振動させる力と同じである。ただし a は加速度、 $X = x - \frac{\mu' mg}{k}$ 。

したがって、その周期は $2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ 、半周期後に速度が0となるので、 $t_1 = \pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

コメント：

問1では、変位 x が大きくなるほど、ばねによる復元力 kx が大きくなるから、静止摩擦力と等しいばねの力となる位置が x の最大値を与える。問2では数式上、 X が単振動になるので、速度0となる時間を半周期後と求めることができる。

B

問3 ④ 難易度 A

気体の圧力とばねの力のつり合いを考える。気体がピストンを押す力は $p_0 S$ 、ばねがピストンを押す力は kx 、ただし x はばねの変位で $x = \frac{V_0}{S}$ 。

$$\text{以上によって, } p_0 S = kx = \frac{kV_0}{S}, \quad \therefore k = \frac{p_0 S^2}{V_0}$$

$$\text{ばねのエネルギーは } \frac{1}{2} kx^2 = \frac{1}{2} \times \frac{p_0 S^2}{V_0} \times \left(\frac{V_0}{S} \right)^2 = \frac{1}{2} p_0 V_0 = \frac{1}{2} nRT_0$$

問4 ㉑ 難易度 B

温度 T の気体の内部エネルギーは $\frac{3}{2}nRT$ だから、内部エネルギーの増加は $\frac{3}{2}nR(T-T_0)$

問5 ㉒ 難易度 C

温度を T_0 から T へ上昇させると、ボイル・シャルルの法則により気体の pV が増加する。問題図3では、 p が増加すれば V も増加し、 V が増加すれば p も増加することになるので、 V に対する p の変化は解答図のように直線的になる。気体がする仕事はこの直線と横軸が囲む面積になる。

コメント：

ばねの変位と気体の圧力、体積の変化の関係を的確に把握することが必要である。ピストンの移動量（ばねの変位）は $\frac{V-V_0}{S}$ である。

第5問・第6問は、いずれか1問を選択し、解答しなさい。

第5問（選択問題）

太陽を周回する惑星の運動に関する次の文章を読み、下の問い（問1～3）に答えよ。

[解答番号 ① ~ ③]（配点 15）

問1 ㉓ 難易度 B

短い時間 Δt で惑星が移動する距離は近日点と遠日点とで $v_1\Delta t$ 、 $v_2\Delta t$ 。したがって Δt の間に惑星と太陽を結ぶ線分が通過する面積はそれぞれ $\frac{1}{2}r_1v_1\Delta t$ 、 $\frac{1}{2}r_2v_2\Delta t$ 。

したがって面積速度が一定ということは、 $\frac{1}{2}r_1v_1 = \frac{1}{2}r_2v_2$ 、 $\therefore r_1v_1 = r_2v_2$

問2 ㉔ 難易度 B

万有引力による位置エネルギーは $U(r) = -\frac{GMm}{r}$ であり、そのグラフは(d)となる。

惑星の力学的エネルギーの保存の法則により、力学的エネルギー（位置エネルギーと運動エネルギーの和）は一定だから、運動エネルギーのグラフは(a)である。

問3 ㉕ 難易度 B

惑星の円運動の運動方程式から $\frac{mv^2}{r} = \frac{GmM}{r^2}$ 、 $\therefore v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

円運動の軌道Aにくらべて、軌道Bの方が大きな軌道を描いて遠日点に達する。したがって、近日点における惑星の運動エネルギーは軌道BのほうがAよりも大きい。しかも、遠日点の位置エネルギーは軌道Aの位置エネルギーより大きい。

したがって、軌道Bの力学的エネルギーは軌道Aのそれよりも大きい。

コメント：

万有引力の公式、万有引力による位置エネルギーの式と意味は理解し、覚えていなければならない。仮に曖昧にしか覚えていない場合、グラフをどのように選択したら良いか。(a)と(b)のどちらが運動エネルギーのグラフらしいか？明らかに(a)である。(b)とすれば、運動エネルギーが $r \rightarrow \infty$ で負になりそう。これはおかしい。 $r \rightarrow$ (太陽の半径) で0になりそう。引力が一番強くなるのに運動エネルギーが0になるというのもおかしい。ということで(a)を直感的に選択したい。

すると、直観的に位置エネルギーのグラフとして(d)を選択できる。力学的エネルギーの保存の法則を考えれば良い。(c)のグラフでは $r \rightarrow \infty$ で、位置エネルギー $\rightarrow \infty$ になりそうだ。これもおかしい。

センター試験は選択問題だから、物理的直感を働かせて正答選択して、時間を効果的に使おう。

万有引力による位置エネルギーは無限遠まで引力に抗して物体を運ぶときの仕事で、無限遠の位置エネルギーを0とする。したがって太陽の中心からその中心が r の距離にある惑星の位置エネルギー

$U(r)$ は下の式である。ただし太陽の中心からの距離を一般的に x として、万有引力を $F = \frac{GmM}{x^2}$ と表

した。また、 x の増加方向と引力 F の方向は逆なので、 $-F$ としている。

$$U(r) = \int_r^{\infty} -F dx = -GMm \int_r^{\infty} \frac{1}{x^2} dx = -GMm \left[-\frac{1}{x} \right]_r^{\infty} = -\frac{GMm}{r}$$

第6問 (選択問題)

原子核と素粒子に関する次の問い(問1～3)に答えよ。

[解答番号 ① ~ ③] (配点 15)

問1 ② 難易度 B

- ① × 中性子は負の電荷をもっていない。
- ② $^{12}_6\text{C}$ の原子核は結合エネルギーの質量欠損があるので、ばらばらの陽子と中性子の質量の和の方が大きい。
- ③ × クォークの内部に電子は存在しない。
- ④ × クォークは電荷をもっている。
- ⑤ × 3種類ではなく、電磁気力を加えた4種類と考えられている。

問2 ⑦ 難易度 B

α 崩壊はヘリウムの原子核 ^4_2He が放出される。 β 崩壊は中性子が陽子と電子に変わり、電子を放出する。したがって、 m 回の α 崩壊と n 回の β 崩壊によって、質量数の減少は $4m$ 、陽子数(原子番号)の減少は $2m - n$ である。 $4m = 238 - 206 = 32$, $\therefore m = 8$, $2m - n = 16 - n = 92 - 82 = 10$, $\therefore n = 6$

問3 ⑦ 難易度 B

1の目の出る確率は $\frac{1}{6}$ だから、最初の1分でおよそ $\left(1 - \frac{1}{6}\right) \times 1000$ 個のさいころが残る。2分目で $\left(1 - \frac{1}{6}\right)^2 \times 1000$ 個のさいころが残る。このような傾向を示すグラフは(c)である。このグラフを視察すると、500個になる時間は約4分なので $T \approx 4$ 分とすると、 $2T \approx 8$ 分で250個になる。

コメント：

時間がないときは、問1では正確に知っていなくても最も確からしいものを としよう。

問2は、 α 崩壊、 β 崩壊の物理過程を理解していないと、答えられない。

問3は直感的に(c)を選択できるようでありたい。残存するさいころが多いほど、さいころの減少数が多いので、曲線の傾きは、初めは急でだんだん緩やかになるから、(c)を選択する。そうすればスムーズに $T \approx 4$ 分、 $2T \approx 8$ 分となる。

181127