

2020年度 横浜市立大学 理学部

特別選抜入学試験

【海外帰国生／国際バカロレア／科学オリンピック／外国人留学生／社会人】

小論文問題

【注意事項】

1. 試験時間は90分である。
2. 試験開始の合図まで、この問題冊子を開いてはいけない。ただし、表紙はあらかじめよく読んでおくこと。
3. 問題の印刷は1ページから5ページまである。
4. 解答用紙は3枚で、問題ごとに別の用紙である。
5. 試験問題は〔I〕物理分野、〔II〕化学分野、〔III〕生物分野からなる。〔I〕～〔III〕の3問中2問を選択し解答すること。
6. 試験開始後、すべての解答用紙に受験番号と氏名を所定の欄に記入すること。
7. 問題冊子に落丁、乱丁、印刷不鮮明な箇所等があった場合および解答用紙が不足している場合は、手をあげて監督者に申し出ること。
8. 解答は必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。解答用紙の裏面に記入してはいけない。
9. 問題番号に対応した解答用紙に解答していない場合は、採点されない場合もあるので注意すること。
10. 解答する字数に指定がある場合は、句読点も1字として数えること。英数字を記入する場合は、1字分のマス目に2文字まで記入してよい。
11. 問題冊子の中の白紙部分は下書き等に使用してよい。
12. 解答用紙を切り離したり、持ち帰ってはいけない。解答しない問題の解答用紙には大きく×をつけて提出すること。
13. 試験終了まで退室を認めない。試験中の気分不快やトイレ等、やむを得ない場合には、手をあげて監督者を呼び、指示に従うこと。
14. 試験終了後は問題冊子を持ち帰ること(面接時に使用するため保管しておくこと)。

[I] (物理分野)

以下の問いに答えなさい。

(1) 図1のように、斜面AB、水平面BC、および、中心Oで半径 r の半円筒面CDがなめらかに接続されている。水平面と半円筒面には摩擦はなく、斜面ABの動摩擦係数は μ_1 とする。斜面は直線とみなしてよく、その傾きを θ とする。直線CODは水平面に対して、垂直となっている。初めに地点Bからの距離 l の斜面上の地点Pに、質量 m の小物体を静かに置いた。

(ア) 斜面の傾きを大きくしていき、 θ が θ_1 になったとき、小物体が動き出した。静止摩擦係数を θ_1 で表しなさい。

(イ) 斜面の傾き θ が $\frac{\pi}{3}(>\theta_1)$ のとき、小物体が地点Pから斜面上を等加速度ですべりおりた。

(a) 斜面をすべりおりているときの小物体の加速度を求めなさい。

(b) 斜面をすべりおりた後、小物体は水平面BC上を等速直線運動した。このときの運動エネルギーを求めなさい。

(c) 小物体が地点Cを通過後、半円筒面の頂点Dを通過するための l の条件を求めなさい。

(2) 図2のように、電圧が V の電源、抵抗値が R の抵抗、スイッチ A_1 , A_2 、および、コンデンサー C_1 , C_2 から構成されている回路がある。コンデンサー C_1 , C_2 の極板の面積は共に S 、極板間距離はそれぞれ d , $2d$ である。また、 C_1 は極板の左半分が誘電率 ϵ_1 の誘電体で満たされている。各コンデンサーにおいて、誘電体が入っていない極板間の誘電率を ϵ_0 とする。初め、スイッチ A_1 と A_2 は共に開いており、コンデンサーには電荷がたまっていないとする。

始めにスイッチ A_1 を開じた。

(ア) 閉じた直後および十分に時間をおいた後に抵抗に流れる電流の大きさを求めなさい。

(イ) 閉じて十分時間をおいた後の、コンデンサー C_1 の電気量を求めなさい。

次に、スイッチ A_1 を開き、その後、 C_1 の極板間を全て誘電率 ϵ_1 の誘電体で満たした後、十分に時間をおいた。

(ウ) このときの、 C_1 の極板間の電圧を求めなさい。

最後に、スイッチ A_2 を開じ、十分に時間をおいた。

(エ) このときの、 C_1 および C_2 の電気量を求めなさい。

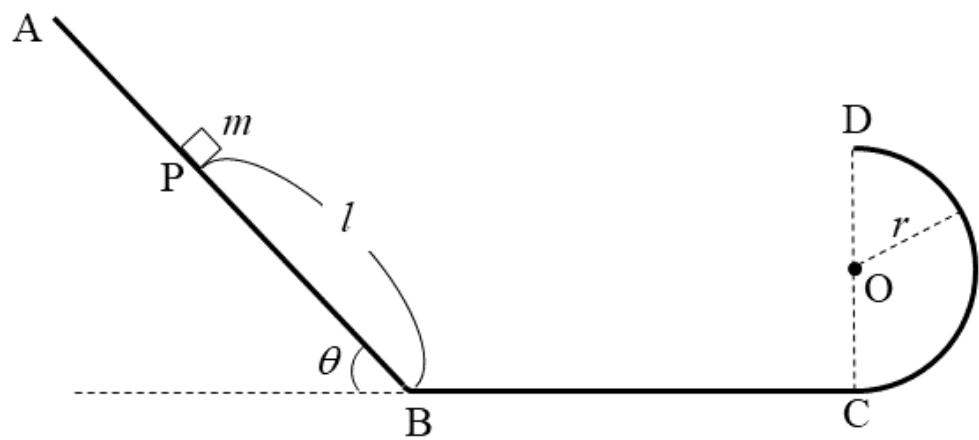


図1

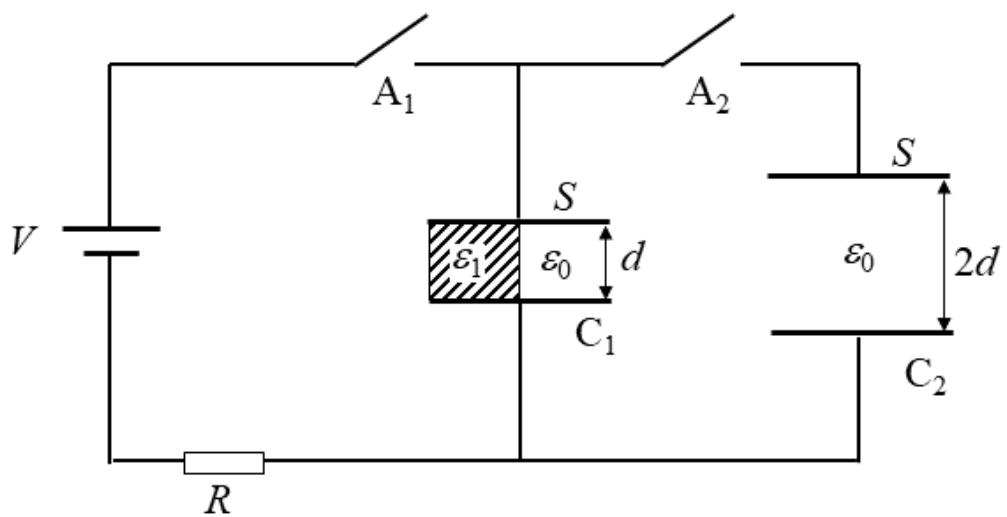


図2

[II] (化学分野)

以下の問い合わせに答えなさい。

- (1) 元素としての炭素の原子量は、12より大きい。これは、自然界においては質量数12の炭素原子(^{12}C)に加えて、質量数が異なる炭素原子(^{13}C , ^{14}C)が混在するためである。
- (ア) ^{12}C , ^{13}C , ^{14}C の原子番号、陽子数、中性子数、電子数をそれぞれ答えなさい。
- (イ) ^{12}C , ^{13}C , ^{14}C の関係を何とよぶか、答えなさい。
- (ウ) ^{14}C は、ごくわずかな量しか自然界に存在しない。なぜか、その理由を答えなさい。
- (エ) 自然界には ^{12}C と ^{13}C のみ存在するものとして、その存在比(%)を小数点第2位まで求めなさい。炭素の原子量を12.0107, ^{13}C の相対質量を13.0034とする。計算過程も示すこと。
- (2) 構造異性体、シストラヌス異性体、鏡像異性体とは何か。具体的な化合物の例を1組ずつ、構造式で示しながら説明しなさい。化合物は自由に設計してよいが、構造式の構成元素はC, H, N, Oの中から選び(すべてを用いる必要はない)正しい原子価で用いること。
- (3) pH=9の水酸化ナトリウム水溶液を水で1000倍に薄めたとき、整数値で最も近くなるpHは7である。なぜ6にならないのか、数式を用いてその理由を説明しなさい。水酸化ナトリウムの電離度を1、水のイオン積を $1.0 \times 10^{-14} [\text{mol}^2/\text{L}^2]$, $\log_{10} 9.5 = 0.98$ とする。

[III] (生物分野)

(1) 細胞について、以下の問い合わせに答えなさい。

(ア) 原核細胞と真核細胞の違いについて、以下の語句をすべて用いて 60 字以内で説明しなさい。

染色体 DNA 核

(イ) 以下の空欄に当てはまる語句を答えなさい。ただし、同じ記号部分には同じ語句が入る。

真核細胞の細胞質基質中には、太古におきた共生により a となったと考えられている b や c などがある。 b は動物細胞と植物細胞に共通に見られる a であるが、c は植物細胞にのみ存在する。一方、動物細胞に見られ、藻類やコケ植物・シダ植物の一部を除いて一般的に植物細胞には見られない a としては d がある。

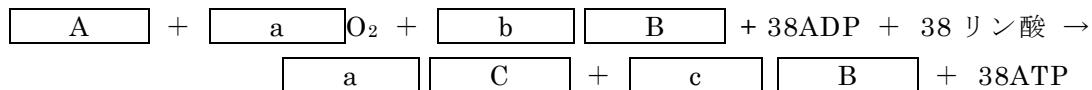
(2) 以下の文章を読み、問い合わせに答えなさい。

大腸菌は嫌気性菌の中でも通性嫌気性菌に分類され、酸素の存在下でも生育できる。通性嫌気性菌は、酸素がない場合には発酵または嫌気呼吸でエネルギーを獲得できるが、酸素の存在下では好気呼吸でもエネルギーを獲得できる。
(A)
(B)

(ア) 下線部 (A) について、発酵とはどのような過程か。以下の語句をすべて用いて 50 字以内で説明しなさい。

代謝 エネルギー ATP

(イ) 下線部 (B) について、以下は呼吸の全体の反応をまとめた式である。A～C には化学式を、a～c には数値を入れなさい。ただし、同じ記号部分には同じ化学式あるいは数値が入る。



(3) 以下の文章を読み、問い合わせに答えなさい。

バイオテクノロジーの研究手法の一つに、目的とする特定の遺伝子を利用するため大腸菌を用いて遺伝子の増幅を行う方法がある。大腸菌による遺伝子の増幅は、目的の遺伝子を細菌類のプラスミドやウイルスなどのベクターと呼ばれる DNA の運び手に挿入し、大腸菌に導入することにより行われる。これを大腸菌の遺伝子組換えという。プラスミドを用いて大腸菌の遺伝子組換えを行う場合、プラスミドは目的の遺伝子以外に大腸菌内での自己複製に必要な塩基配列や抗生物質耐性遺伝子なども含んでいる。遺伝子組換え操作後の大腸菌は、適当な抗生物質と大腸菌の培養に必要な栄養を含む寒天培地上に均一に塗り広げて培養する。プラスミドが導入されなかった大腸菌は抗生物質の作用により死滅する。プラスミドが導入された大腸菌は抗生物質耐性遺伝子の働きにより抗生物質存在下でも生き残る。生き残った大腸菌は、それぞれ 1 個の大腸菌から増殖し、一晩で培地上にコロニーと呼ばれる均一のプラスミドを含む菌体の集まりを形成する。目的の遺伝子の準備方法としては、目的遺伝子を制限酵素と呼ばれる特定の塩基配列を認識して切断する酵素により切り出す方法や、ポリメラーゼ連鎖反応（PCR）法により増幅する方法などがある。

(ア) 1 mL に 10^{10} 細胞の大腸菌を含む溶液を 100 μ L (μ L は mL の 1/1000 の量) 用いて大腸菌にプラスミドを導入した。遺伝子組換え操作後の大腸菌溶液を希釈し、100 μ L の希釈溶液を適当な抗生物質と培養に必要な栄養を含む寒天培地に塗り広げた。1 割の大腸菌にプラスミドが導入されると考えられる場合、100 μ L の希釈溶液に含まれる大腸菌を培地で生育させて 100 個のコロニーが形成されるようにするためには遺伝子組換え操作後の大腸菌溶液を注)何倍に希釈すれば良いか。途中の考え方や計算式も示しながら解答用紙の枠内に文章で書きなさい。ただし、遺伝子組換え操作中に大腸菌溶液の量は変化しないものとする。

注) たとえば 2 倍に希釈すると菌の濃度は半分になる。

(イ) GFP という緑色の蛍光を発するタンパク質を研究するために、PCR 法により GFP の遺伝情報を持つ DNA 断片を増幅した。その DNA 断片を精製して大腸菌へ導入し、適当な抗生物質と培養に必要な栄養を含む寒天培地で一晩培養後、観察した。予想される観察結果を、その結果となる理由とともに解答用紙の枠内に書きなさい。