

筆答試問

一般基礎科目

解答時間 13:30～14:30

- 問題は次の通り22題ある。生物学（問題番号1～16）、物理学（問題番号17、18）、化学（問題番号19、20）、数学（問題番号21、22）。これらのうちから4題を選択し解答すること。
ただし、生物学1題は必ず選択すること。
- 各問題には、英文も併記されている。和文または英文どちらか一方の問題文に基づいて解答すること。
- すべての解答用紙の所定の欄に、受験番号、選択した問題の番号、および提出する解答用紙の枚数を記入すること。
なお、提出する解答用紙の枚数は「当該用紙の番号／総枚数」の形式で記入すること。
- 各問題の解答にはそれぞれ別々の解答用紙を用いること。1つの問題への解答が2枚にわたる場合は、1枚目の右下に「次ページに続く」、2枚目の左上に「1ページ目からの続き」と大きく明記すること。
- 解答は、すべて解答用紙の指定された枠内に記述すること。
また、とくに指定のない限り、解答は日本語または英語で記述すること。

生物学

問題 1

以下の文章を読んで、設問（１）～（３）のすべてに答えよ。

ミトコンドリアと葉緑体において、(a) ATP 合成酵素は、膜を介したプロトン駆動力を利用して ATP の合成を行う。 このプロトン駆動力は、(b) 電子伝達反応によって形成される。

- (1) 下線部（a）について、ATP 合成酵素が、どの膜を介して、プロトンをどこからどこに運ぶのかという観点から、ミトコンドリアと葉緑体それぞれについて ATP を合成する仕組みを、合わせて 5 行程度で説明せよ。
- (2) プロトン駆動力は 2 つの成分から成り、その 2 つの成分の関係は、ネルンストの式によって表される。その 2 つの成分を答えよ。
- (3) 下線部（b）について、電子伝達反応を行う光化学系 II のはたらきを以下の語句をすべて用いて 3 行程度で説明せよ。
[クロロフィル、水、プラストキノン]

Read the following text and answer all the questions from (1) to (3).

Both in mitochondria and chloroplasts, ATP synthase utilizes (a) proton motive force across the membrane for ATP synthesis. The proton motive force is formed by (b) electron transfer reactions.

- (1) Regarding the underlined part (a), explain how ATP synthase produces ATP in mitochondria and chloroplasts in about 5 lines. In the explanation, mention from where to where and across which membrane ATP synthase translocates protons in each organelle.
- (2) Proton motive force consists of two factors, whose relationship is expressed by the Nernst equation. Answer the two factors.
- (3) Regarding the underlined part (b), explain the function of photosystem II in the electron transfer reactions using all the following words in about 3 lines.
“chlorophyll”, “water”, “plastoquinone”

生物学

問題 2

以下の文章を読んで、設問（1）～（4）のすべてに答えよ。

タンパク質は、アミノ酸がペプチド結合でつながったポリペプチド鎖からなる。ポリペプチド鎖が折りたたまれて固有の構造を形成することで、タンパク質の機能が発現する。タンパク質の構造は、一次構造、(a) 二次構造、(b) 三次構造、四次構造の4つの階層の観点から議論できる。また、多くの細胞外のタンパク質では、システイン残基の側鎖どうしが(c) ジスルフィド結合でつながっていることが知られている。

- (1) 下線部（a）について、タンパク質の二次構造を1つあげ、その構造の特徴を3行程度で説明せよ。
- (2) 下線部（b）について、タンパク質の三次構造と四次構造の違いを、3行程度で説明せよ。
- (3) 下線部（c）について、この結合が形成される利点を3行程度で説明せよ。
- (4) 下線部（c）について、細胞質内では通常、この結合は形成されない。その理由を2行程度で説明せよ。

[English text continued on the next page]

Read the following text and answer all the questions from (1) to (4).

Proteins are composed of polypeptide chains, which are amino acids linked together by peptide bonds. Proteins can perform their functions when polypeptide chains fold into their own structures. Protein structures are discussed in terms of four levels of structure: “primary structure”, ^(a)“secondary structure”, ^(b)“tertiary structure”, and “quaternary structure”. In addition, many extracellular proteins have ^(c)disulfide bonds between side chains of cysteine residues.

- (1) Regarding the underlined part (a), list one type of “secondary structure” and describe the structural features in about 4 lines.
- (2) Regarding the underlined part (b), explain the difference between “tertiary structure” and “quaternary structure” in about 4 lines.
- (3) Regarding the underlined part (c), explain the benefit of forming the bonds to the proteins in about 4 lines.
- (4) Regarding the underlined part (c), these bonds generally do not form in the cell cytosol. Explain the reason in about 2 lines.

生物学

問題 3

以下の文章を読んで、設問（1）～（3）のすべてに答えよ。

遺伝情報は (a) DNA 複製 によって忠実に受け継がれる。しかし、細胞内では絶えず (b) DNA 損傷 が起こる。そのため、細胞には (c) DNA 修復機構 が存在している。

- (1) 下線部 (a) について、DNA 複製の際の複製フォークでは、リーディング鎖とラギング鎖がある。この2つの鎖の違いについて3行程度で説明せよ。
- (2) 下線部 (b) について、DNA 損傷には脱プリン反応と脱アミノ反応が知られている。これらについて、それぞれ2行程度で説明せよ。
- (3) 下線部 (c) について、DNA 上に生じた塩基損傷を修復する機構を5行程度で説明せよ。

Read the following text and answer all the questions from (1) to (3).

Genetic information on the DNA is faithfully passed on by (a) DNA replication. However, (b) DNA damage is constantly occurring in the cell. Therefore, the cell has (c) DNA repair mechanisms.

- (1) Regarding the underlined part (a), there is a leading strand and a lagging strand at the replication fork during DNA replication. Explain the differences between the two strands during replication in about 3 lines.
- (2) Regarding the underlined part (b), depurination and deamination are the most frequent chemical reactions known to create serious DNA damage in the cell. Explain the mechanism of each reaction in about 2 lines.
- (3) Regarding the underlined part (c), explain the mechanism of base excision repair (repairing base lesions) in about 5 lines.

生物学

問題 4

以下の文章を読んで、設問（１）～（３）のすべてに答えよ。

非翻訳 RNA (non-coding RNA) であるマイクロ RNA (microRNA、miRNA) は ^(a) mRNA の特異的な分解に関与することにより、遺伝子発現調節において重要な役割を担う。

- (1) 下線部 (a) が可能な理由を、miRNA の生合成過程の説明も含めて 5 行程度で説明せよ。ただし、以下の語句をすべて用いること。
[RNA 誘導サイレンシング複合体 (RISC)、ヌクレアーゼ、一本鎖、二本鎖]
- (2) 一種の miRNA が多数の異なる遺伝子の発現を制御することがある。どのような仕組みにより達成されるか 3 行程度で説明せよ。
- (3) 上述の遺伝子発現調節機構と類似したシステムとして RNA 干渉 (RNA interference、RNAi) がある。RNAi は、本来はウイルスなどに由来する外来の二本鎖 RNA を破壊する細胞の防御機構であるが、現在では分子生物学や創薬で広く応用されている。どのように応用されているか 3 行程度で説明せよ。

[English text continued on the next page]

Read the following text and answer all the questions from (1) to (3).

MicroRNAs (miRNAs), representing one type of non-coding RNAs, function for ^(a) specific degradation of mRNAs and thus play an important role in the regulation of gene expression.

- (1) Explain the reason why the underlined part (a) is possible, along with an explanation about the biosynthesis process of miRNAs, in about 5 lines. Use all the following words: “RNA-induced silencing complex (RISC)”, “nuclease”, “single-stranded”, “double-stranded”
- (2) A single species of miRNA can regulate the expression of multiple genes. Explain how this can be achieved in about 3 lines.
- (3) RNA interference (RNAi) is a similar system to the degradation of mRNA by miRNAs. RNAi is considered as a defense system against foreign RNAs such as viral RNAs, but it is now widely used in molecular biology and drug discovery researches. Explain how RNAi is used in such applications, in about 3 lines.

生物学

問題 5

以下の文章を読んで、設問（１）、（２）２問とも答えよ。

ヒトゲノムには動く遺伝因子（mobile genetic element）が存在し、その DNA 配列はヒトゲノムの半分近くを構成している。(a) 動く遺伝因子はその移動する仕組みから DNA 型トランスポゾン、レトロトランスポゾンの２種類に大別される。(b) レトロウイルスはレトロトランスポゾンと類似しているが、大きく異なる特徴がある。

- (1) 下線部（a）について、DNA 型トランスポゾンとレトロトランスポゾンのそれぞれについて、その移動の仕組みを合わせて 5 行程度で説明せよ。
- (2) 下線部（b）について、レトロウイルスがレトロトランスポゾンと大きく異なる特徴について 5 行程度で説明せよ。

Read the following text and answer all the questions (1) and (2).

Mobile genetic elements compose approx. a half of the entire human genome. (a) Mobile genetic elements are classified into DNA transposon and retrotransposon on the basis of the mechanisms of their mobility. (b) Retrovirus and retrotransposon share a number of similarities; however, the former is specified by unique characteristics that retrotransposon does not possess.

- (1) Regarding the underlined part (a), describe the mechanism of mobility of DNA transposon and retrotransposon, in about 5 lines.
- (2) Regarding the underlined part (b), describe the major unique characteristics which retrovirus but not retrotransposon possesses, in about 5 lines.

生物学

問題 6

以下の文章を読んで、設問（１）、（２）２問とも答えよ。

動物の体を構成する細胞の数は、細胞分裂と細胞死のバランスによって保たれている。たとえば、発生中の胚や成体の組織では、(a) 不要となった細胞をプログラム細胞死（アポトーシス）により取り除くことで、細胞数や組織の大きさを調節している。

- (1) 下線部（a）について、細胞の壊死（ネクローシス）との違いを、細胞の挙動や形態、周囲の細胞への影響の点から 5 行程度で説明せよ。
- (2) 下線部（a）を引き起こす細胞内の分子機構について、以下の語句をすべて用いて 5 行程度で説明せよ。
[シトクロム c、Bax、核ラミン、実行型プロカスパーゼ、誘導型プロカスパーゼ]

Read the following text and answer all the questions (1) and (2).

The number of cells in animals is maintained by strictly controlling the rate of cell division and cell death. For example, in developing embryos and adult tissues, the number of cells and the size of tissues are regulated by (a) removing unwanted cells through apoptosis, a programmed cell death.

- (1) Describe the differences in characteristics of the underlined part (a) from cell necrosis in about 5 lines.
- (2) Describe the molecular mechanism of the underlined part (a) using all the following words in about 5 lines.
“cytochrome c”, “Bax”, “nuclear lamin”, “effector caspase”, “initiator caspase”

生物学

問題 7

以下の文章を読んで、設問（1）～（3）のすべてに答えよ。

脊椎動物は骨格筋を用いて高い運動能力を発揮することができる。骨格筋細胞は、(a) 運動神経からのシグナルを受けると、(b) 細胞質の Ca^{2+} 濃度を急上昇させる。 Ca^{2+} の濃度上昇は、(c) 骨格筋細胞内の細胞骨格分子とモータータンパク分子の相互作用を可能にして、強い収縮を引き起こす。

- (1) 下線部（a）について、神経型シグナルはシナプスと呼ばれる接合部を介して伝達される。シナプスの構造と機能について、5行程度で説明せよ。
- (2) 下線部（b）について、細胞質の Ca^{2+} 濃度は静止時にはきわめて低く保たれている。この仕組みについて、2行程度で説明せよ。
- (3) 下線部（c）の機構について、以下の語句をすべて用いて5行程度で説明せよ。
[ミオシン頭部、II型ミオシンフィラメント、ATP、アクチンフィラメント、加水分解]

Read the following text and answer all the questions from (1) to (3).

The skeletal muscles of vertebrates allow them to achieve a high level of movement. When skeletal muscle cells receive (a) signals from motor nerves, (b) they rapidly increase the concentration of Ca^{2+} in the cytoplasm. The increase in Ca^{2+} concentration allows (c) the interaction of cytoskeletons and motor proteins in skeletal muscle cells, leading to strong muscle contraction.

- (1) Regarding the underlined part (a), neural-type signals are transmitted through junctions called synapses. Explain the structure and function of the synapse in about 5 lines.
- (2) Regarding the underlined part (b), the Ca^{2+} concentration in the cytoplasm is kept extremely low at resting state. Explain this mechanism in about 2 lines.
- (3) Explain the mechanism of underlined part (c) using all the following words in about 5 lines.
“myosin head”, “type II myosin filament”, “ATP”, “actin filament”, “hydrolysis”

生物学

問題 8

以下の文章を読んで、設問（１）～（３）のすべてに答えよ。

細胞内には膜で囲まれたさまざまなオルガネラがあり、^(a) 細胞質とオルガネラの間や^(b) オルガネラ間でタンパク質の輸送が行われる。

- (1) 下線部（a）について、細胞質から核内にタンパク質が輸送される仕組みについて、3行程度で述べよ。
- (2) 下線部（a）について、細胞質からミトコンドリアや葉緑体にタンパク質が輸送される仕組みについて、輸送されるタンパク質の構造も含めて3行程度で述べよ。
- (3) 下線部（b）について、オルガネラ間でタンパク質が輸送される仕組みについて2行程度で述べよ。

Read the following text and answer all the questions from (1) to (3).

Eukaryotic cells contain various membrane-enclosed organelles. Proteins are translocated ^(a)between the organelles and the cytosol or ^(b)between the organelles.

- (1) Regarding the underlined part (a), explain the mechanism by which specific proteins are selectively transported into the nucleus in about 4 lines.
- (2) Regarding the underlined part (a), explain the mechanism by which proteins are delivered from the cytosol to mitochondria or chloroplasts, including the structural state of the transported proteins, in about 4 lines.
- (3) Regarding the underlined part (b), explain the mechanism of protein moving from one organelle to another in about 3 lines.

生物学

問題 9

以下の文章を読んで、設問（1）～（3）のすべてに答えよ。

(a) 海洋島は進化の実験場とも呼ばれ、古くから多くの生物学者を魅了してきた。 海洋島の固有種には (b) 新固有種と遺存固有種 が含まれることが、(c) 分子系統解析 や化石情報から示唆されている。

- (1) 下線部（a）について、海洋島の植物相の特徴を3つ挙げよ。
- (2) 下線部（b）について、新固有種と遺存固有種の違いを3行程度で説明せよ。
- (3) 下線部（c）について、分子系統解析により、海洋島の固有種と大陸産の姉妹種との分岐年代が、その島の成立年代よりも古いことが示された場合には、その固有種の進化に関してどのようなことが考えられるか3行程度で説明せよ。

Read the following text and answer all the questions from (1) to (3).

(a) Oceanic islands have long stimulated biologists to investigate patterns and processes of evolution. On oceanic islands, (b) neo- and paleoendemic species were recognized based on evidence from (c) molecular phylogeny and the fossil record.

- (1) Regarding the underlined (a), list three commonly found features of oceanic island floras.
- (2) Regarding the underlined (b), describe the differences between neo- and paleoendemic species in about 3 lines.
- (3) Regarding the underlined (c), explain the evolutionary process leading to oceanic island endemics if the divergence time between the endemics and their sister species on continental area is older than the age of the formation of the oceanic island in about 3 lines.

生物学

問題 10

以下の文章を読んで、設問（１）、（２）２問とも答えよ。

動物の系統関係は、分子データおよび形態データに基づき検証され続けている。^(a) 冠輪動物は分子系統解析により認識されたクレードで、その体制は動物界において顕著な多様性を示す。

- (1) 下線部（a）について、その名前の由来となった２つの形態的特徴について、３行程度で説明せよ。
- (2) 冠輪動物に含まれる動物門を２つ挙げ、その形態的特徴についてそれぞれ３行程度で説明せよ。

Read the following text and answer all the questions (1) and (2).

Phylogeny of Animalia is still being debated based on the molecular and morphological data. ^(a) The clade of Lophotrochozoa was recognized based on the molecular phylogenetic analysis. The body plans of the phyla within this clade show a remarkable variety among Animalia.

- (1) Regarding the underline (a), the clade of Lophotrochozoa is named after two distinct characteristic features. Describe these two characters in about 3 lines.
- (2) List name of two phyla within the clade of Lophotrochozoa, and describe its morphological characteristics in about 3 lines.

生物学

問題 11

以下の文章を読んで、設問（１）～（３）のすべてに答えよ。

親子刷り込みは、カモ類のような早成性の鳥で顕著に見られる。また、性的刷り込みは、早成性の鳥に限らず、晩成性の鳥でも広く見られる。

（１）親子刷り込みにはどのような特徴があるか、以下の２つの語句を用いて３行程度で説明せよ。

[感受期、自種]

（２）早成性の鳥の雛の特徴を、晩成性のそれと比較しながら、以下の語句をすべて用いて５行程度で説明せよ。

[感覚器官、羽毛、運動能力]

（３）性的刷り込みにはどのような特徴があるか、３行程度で説明せよ。

Read the following text and answer all the questions from (1) to (3).

Filial imprinting is prominent in precocious birds such as ducks. Sexual imprinting is widely seen not only in precocial birds but also in altricial birds.

(1) Describe the characteristics of filial imprinting by using all the following terms in about 3 lines.

“sensitive period”, “conspecific”

(2) Describe the characteristics of precocial bird chicks in about 5 lines, by using all the following terms, comparing them with those of altricial birds.

“sensory organs”, “feathers”, “motor ability”

(3) Describe the characteristics of “sexual imprinting” in about 3 lines.

生物学

問題 12

以下の文章を読んで、設問（１）、（２）２問とも答えよ。

ワキモンユタトカゲのオスには遺伝により決定する３つのタイプが存在し、それぞれ喉の色が異なる（黄・オレンジ・青）。これらのオスは、メスとの交尾を巡ってそれぞれ異なる戦略をとる。黄タイプはなわばりを持たず、^(a) スニーカー戦略をとる。オレンジタイプは体が大きく攻撃的で、広いなわばりを持ち資源防衛型一夫多妻制を示す。青タイプは中間の大きさと狭いなわばりを持ち、一頭のメスのみを防衛する。

これら３タイプには ^(b) 「三すくみ」が生じており、ある１つのタイプのオスが個体群内で多くなることはない。

- (1) 下線部（a）について、一般にスニーカーオスの戦略はどのようなものか２行程度で説明せよ。
- (2) 下線部（b）について、この三すくみはそれぞれどのタイプがどのタイプに有利であると考えられるか。またそう考えられる理由を、それぞれ２行程度で述べよ。

Read the following text and answer all the questions (1) and (2).

There are three genetically determined types of male Common Side-blotched Lizards and each type has a different throat color (yellow, orange, or blue). Each of these males has a different strategy for mating. The yellow type does not have a territory and employ the ^(a) “sneaking” strategy. The orange type is large, aggressive, and has a large territory, which is called as resource defense polygyny. The blue type is intermediate in size, has a small territory, and defends only one female.

There is a ^(b) “rock-scissors-paper” relationship among these three types, with no one type of male being dominant in the population.

- (1) Regarding the underline (a), describe the strategy of “sneaking” males in about 2 lines.
- (2) Regarding the underline (b), describe which type has the advantage in each body type pairing. Also, explain the reasons in about 2 lines each, a total of about 6 lines.

生物学

問題 13

以下の文章を読んで、設問（１）、（２）２問とも答えよ。

(a) 同じ植物種を宿主とする２種のアブラムシの間には、資源をめぐる競争が生じる。
さらに、これらのアブラムシを捕食するテントウムシなどの捕食者が存在する場合には、
(b) 見かけの競争が働くことがある。

- (1) 下線部（a）について、たとえ同じ植物種を宿主としていても、２種の植食者の間に生じる資源をめぐる競争がある程度回避される場合がある。そうした状況が生じ得る進化的過程について、以下の２つの語句を用いて５行程度で説明せよ。
[生態的地位 (ecological niche)、形質置換 (character displacement)]
- (2) 下線部（b）について、２種のアブラムシと１種のテントウムシを含む系を例に挙げ、以下の語句をすべて用いて５行程度で説明せよ。
[個体数、餌種の変更、間接相互作用]

Read the following text and answer all the questions (1) and (2).

(a) Two aphid species sharing a host plant species are expected to compete with each other for resources. Moreover, if there is a lady beetle species preying on the aphids, the two prey species may be involved in (b) apparent competition.

- (1) Regarding the underline (a), competition for resources can be mitigated even if both aphid species are specific to the same host plant species. Describe evolutionary processes leading to such mitigation of competitive interactions in about 5 lines by using all the following terms.
“ecological niche”, “character displacement”
- (2) Regarding the underline (b), describe how “apparent competition” operates in the system consisting of the two aphid and one lady beetle species in about 5 lines by using the all the following terms.
“population density”, “alternative prey”, “indirect interactions”

生物学

問題 14

以下の文章を読んで、設問（１）～（３）のすべてに答えよ。

生物多様性を維持することは我々にとって重要な課題の一つである。生物多様性条約では、生物多様性を遺伝子、種、生態系の３つのレベルで捉え、それらの保全を目的として国際条約が結ばれている。

- （１）遺伝子の多様性、種の多様性、生態系の多様性のそれぞれについて、合わせて３行程度で説明せよ。
- （２）既存の生態系に大きな問題を起こす外来種の侵入は、遺伝子、種、生態系の３つのレベルの生物多様性に対し、それぞれどのような影響を与えるか、合わせて５行程度で説明せよ。
- （３）陸域生態系の生物群集において、攪乱の規模や頻度は、種多様性の維持に重要な役割を果たしていると考えられる。攪乱が極端に多い環境や、逆に少ない環境では、植物種の多様性にどのような影響を与えると考えられるか、その理由も含め、合わせて３行程度で説明せよ。

[English text continued on the next page]

Read the following text and answer all the questions from (1) to (3).

Maintenance of biodiversity is one of most important issues for us living in the modern world. According to Conservation on Biological Diversity (CDB), there are three different levels of biodiversity: species, gene, and ecosystem.

- (1) Describe biodiversity in species, genes and ecosystems in about 4 lines in total.

- (2) Invasion of exotic (non-native or alien) species often causes major problems for the ecosystems. How do alien species affect the biodiversity in the above three levels? Describe the problems for biodiversity in about 5 lines in total.

- (3) In terrestrial ecosystems, the magnitude and frequency of disturbance play a significant role in maintaining species diversity. How is plant species diversity affected in environments with extremely high or extremely low levels of disturbance? Describe it including the reasons in about 5 lines in total.

生物学

問題 15

以下の文章を読んで、設問（１）～（３）のすべてに答えよ。

火の制御は人類の技術的進化において分岐点だったと考えられている。火を制御することにより、(a) 生存のためにいくつもの利点がもたらされた。(b) 食品の調理はそのうちの一つであり、食事の幅とその栄養価を拡大し、進化の過程でも (c) 人類の形態にいくつかの重要な変化をもたらした。

- (1) 下線部（a）について、食品の調理以外に、生活上の利点を3つ挙げよ。
- (2) 下線部（b）について、火の調理でもたらされる食物の大きな変化と得られる栄養上の利点について5行程度で説明せよ。
- (3) 下線部（c）について、初期人類の硬組織（歯や骨など）と軟組織（皮膚、脂肪、血管など）の主な変化を以下の語句をすべて用いて3行程度で説明せよ。
[歯、顎、消化器系]

Read the following text and answer all the questions from (1) to (3).

The control of fire was a turning point in the technological evolution of humans. (a) Several important advantages for daily life and survival were brought about by this new technology. (b) The cooking of food with fire expanded the breadth of the diet and its nutritional quality. Over evolutionary time (c) this brought about several key changes in the morphology of humans.

- (1) Regarding the underlined (a), describe three major advantages, other than cooking, that fire conferred on humans.
- (2) Regarding the underlined (b), describe the important shift in dietary items and the nutritional benefits acquired by cooking with fire, in about 5 lines.
- (3) Regarding the underlined (c), describe the major changes in the hard and soft tissue morphology of early humans in about 3 lines by using all the following terms.
“teeth”, “jaw”, “digestive system”

生物学

問題 16

以下の文章を読んで、設問（１）～（３）のすべてに答えよ。

自分の身体以外の物体を用いて目的を達成する行動は、さまざまな動物で観察されている。いくつかの霊長類種では、野生下の採餌場面を中心にして (a) 道具使用や基盤使用を行うことが確認されている。またそうした技術は、個別的学習だけでなく (b) 社会的学習を通して集団で共有されることが知られている。

- (1) 下線部（a）の道具使用と基盤使用について、その違いがわかるように合わせて3行程度で説明せよ。
- (2) 下線部（b）について、次の4種類の伝達過程を人類学の視点からそれぞれ2行程度で説明せよ。
「普及(propagation)」、「伝統(tradition)」、「文化化(enculturation)」、「伝播(diffusion)」
- (3) 道具の製作について、ヒトのみに見られる特徴を2行程度で説明せよ。

Read the following text and answer all the questions from (1) to (3).

Use of objects other than one's body to achieve a goal has been observed among a variety of animals. In some primates, (a) "tool-use behaviors" or "borderline tool-use behaviors" have been observed mainly in foraging situations. Techniques for such behaviors are not only acquired through individual learning but also through (b) social learning where information is shared among group members.

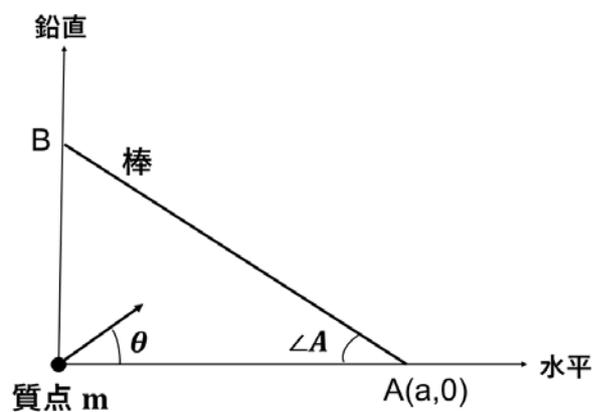
- (1) Explain the underlined (a), highlighting the differences between "tool-use behaviors" and "borderline tool-use behaviors" in about 3 lines.
- (2) Regarding the underlined (b), describe each of the four categories in about 2 lines.
"propagation", "tradition", "enculturation", "diffusion"
- (3) Regarding the manufacture of tools, describe the characteristic that is uniquely human in about 3 lines.

物理学

問題 17

以下の文章を読んで、設問 (1)、(2) 2 問とも答えよ。答えだけでなく計算過程が分かるように解答すること。

下図のように、質点 m を投げ上げ角度 θ で斜め上方に投げ、上空に斜めに置かれた直線の棒 AB に当てることを考える。

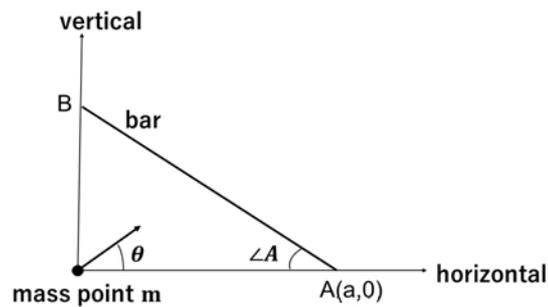


- (1) 時刻 $t = 0$ に質点を初速度 v_0 で投げたとき、棒に当たる時刻 $t = T$ の満たす 2 次方程式を求めよ。ただし、重力加速度を g とする。
- (2) T を最小にするためには θ をどうすればよいか、求めよ。 T を θ の関数と考え、(1) で得られた 2 次方程式の両辺を θ で微分し、それをを用いることができる。

[English text continued on the next page]

Read the following text and answer all the questions (1) and (2). Not only the answer, but also the derivation must be written.

As shown in the figure below, let us consider throwing up a mass point m with an angle θ relative to the horizontal axis to hit the straight-line bar AB obliquely placed in the air.



- (1) When one throws up a mass point at time $t = 0$ with the initial velocity v_0 , derive a quadratic equation satisfied by the time $t = T$ at which the mass point hits the bar. The gravitational acceleration is g .
- (2) Obtain the value of θ that minimizes T . To do that, you can consider that T is a function of θ and take the derivative of the quadratic equation you derived in (1).

物理学

問題 18

以下の文章を読んで、設問 (1) ~ (3) のすべてに答えよ。答えだけでなく計算過程が分かるように解答すること。

一般に、点電荷 q_1 と点電荷 q_2 が真空中で距離 r の位置にあるとき、電荷間に働くクーロンの力の大きさは、

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

である。ここで、 ϵ_0 は真空の誘電率である。いま真空中で、 z 軸上の $z = a$ に電荷 q 、 $z = -a$ に電荷 $-q$ がある。ただし、 $a > 0$ とする。2つの電荷間の距離が小さいときこれを電気双極子と呼び、 $p = 2aq$ を双極子モーメントという。

- (1) 位置 $P_1 = (0, 0, z)$ (ただし、 $z > a$ とする) における電位と電場ベクトルを求めよ。
- (2) xz 平面上の電場ベクトルを図示せよ。
- (3) 位置 $P_2 = (x, 0, z)$ (ただし、 $r = \sqrt{x^2 + z^2} \gg a$ とする) における電位を p 、 r 、および z を用いて表せ。ただし、 $|h| \ll 1$ のとき $1/\sqrt{1+h} \sim 1 - 0.5h$ と近似してよい。

[English text continued on the next page]

Read the following text and answer all the questions from (1) to (3). Not only the answer, but also the derivation must be written.

In general, when a point charge q_1 and another point charge q_2 are separated by the distance r in vacuum, the strength of the Coulomb force between the charges is

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

where ϵ_0 is the vacuum permittivity. Now, in vacuum, put a point charge q at $z = a$ and another charge $-q$ at $z = -a$ along the z -axis, where we assume $a > 0$. When the distance between the two charges is small, the pair of charges is called an electric dipole where $p = 2aq$ is termed the dipole moment.

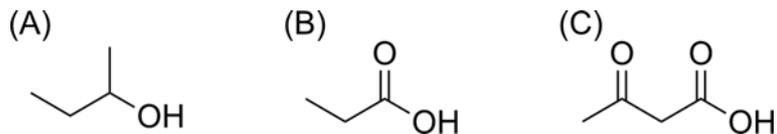
- (1) Obtain the electric potential and the electric field vector at the position $P_1 = (0,0,z)$ where we assume $z > a$.
- (2) Draw a map of the electric field vector on the xz plane.
- (3) Obtain the electric potential at the position $P_2 = (x,0,z)$, where we assume $r = \sqrt{x^2 + z^2} \gg a$, and express it with p , r , and z . You can use the approximate formula $1/\sqrt{1+h} \sim 1 - 0.5h$, for $|h| \ll 1$.

化学

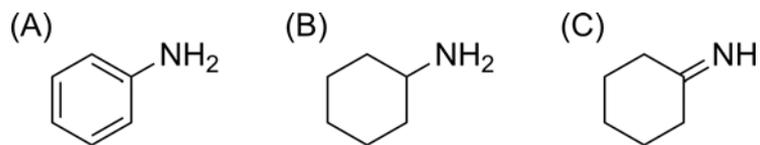
問題 19

以下の設問 (1) ~ (4) すべてに答えよ。

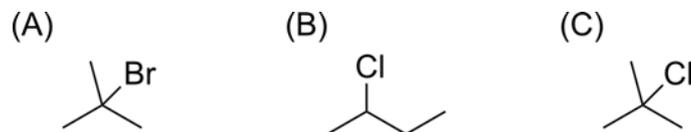
(1) 次の物質を酸性度が高い順に並べ、その理由も説明せよ。



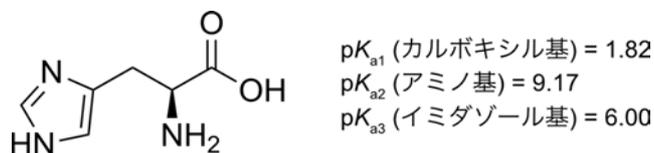
(2) 次の物質を塩基性度が高い順に並べ、その理由も説明せよ。



(3) 次の化合物を S_N1 反応における反応性が高い順に並べ、その理由も説明せよ。



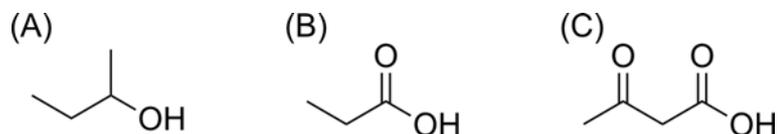
(4) 以下の図はヒスチジンの化学構造と、水中、 25°C における pK_a を示している。
 $\text{pH } 4.0$ または 7.4 のとき、ヒスチジンがとりうる主な成分の化学構造をそれぞれかけ。



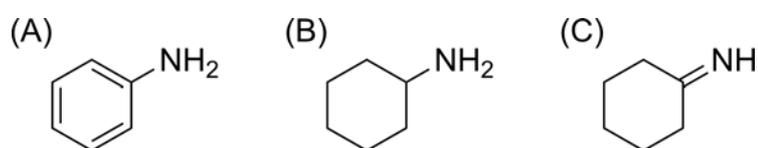
[English text continued on the next page]

Answer all the questions from (1) to (4).

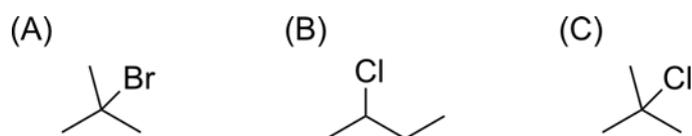
(1) Rank the acidity of the following, from 1 (most) to 3 (least).



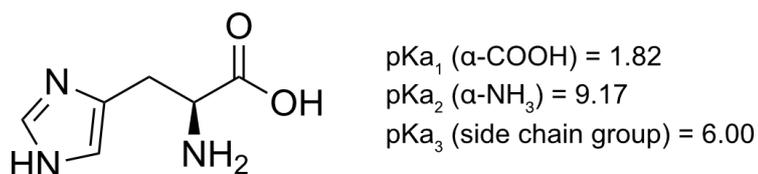
(2) Rank the basicity of the following, from 1 (most) to 3 (least).



(3) Rank the S_N1 reactivity of the following, from 1 (most) to 3 (least).



(4) The figure below shows the chemical structure of histidine and the pK_a in water at 25°C. Draw the main chemical structure that histidine can take at pH 4.0 and 7.4, respectively.



化学

問題 20

以下の設問 (1)、(2) 2 問とも答えよ。

(1) 液体-気体の境界線に対するクラペイロンの式は、下記の (式 1) で表される。

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H_{vap}}{T\Delta V_{vap}} \quad (\text{式 1})$$

ここで、 p は蒸気圧、 T は温度、 ΔV_{vap} は蒸発に伴う体積変化、 ΔH_{vap} は蒸発エンタルピー (蒸発熱) を表す。気体のモル体積 $V_m(g)$ は液体のモル体積よりも非常に大きいので、 ΔV_{vap} を $V_m(g)$ と近似できる。さらに気体を理想気体とみなしたとき、(式 2) で表されるクラウジウス-クラペイロンの式が導かれる。ただし、 R は気体定数である。クラウジウス-クラペイロンの式の導出過程を示せ。

$$\frac{d \ln p}{dT} = \frac{\Delta H_{vap}}{RT^2} \quad (\text{式 2})$$

(2) 1 気圧 (101 kPa) におけるある物質 X の沸点は 350 K で、 ΔH_{vap} が 35.0 kJ/mol であった。300K での物質 X の蒸気圧を求めよ。なお、300K から 350K の温度範囲では、物質 X の蒸発エンタルピーは温度に依存しないものとする。気体定数 R は $8.3 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ とする。簡略化のため、途中の計算で小数第 2 位以下は無視しても良い。また、 $e^2 = 7.4$ を用いて良い。

[English text continued on the next page]

Answer all the questions (1) and (2).

(1) Clapeyron's equation for the liquid-vapor boundary is shown in Eq.1 below.

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H_{vap}}{T\Delta V_{vap}} \quad (1)$$

Where p is the vapor pressure, T is the temperature, ΔV_{vap} is the volume change due to evaporation, and ΔH_{vap} is the enthalpy of vaporization (heat of vaporization). Since the molar volume of gas $V_m(g)$ is much larger than the molar volume of liquid, ΔV_{vap} can be approximated to $V_m(g)$. Furthermore, when the gas is regarded as a perfect gas, the Clausius-Clapeyron equation takes the form given in Eq.2. Derive the Clausius-Clapeyron equation and show the derivation process.

$$\frac{d \ln p}{dT} = \frac{\Delta H_{vap}}{RT^2} \quad (2)$$

(2) The boiling point of a substance X at 1 atm (101 kPa) is 350 K and the enthalpy of vaporization ΔH_{vap} is 35.0 kJ/mol. Calculate the vapor pressure of substance X at 300 K. In the temperature range of 300K to 350K, the enthalpy of vaporization of substance X should be independent of temperature. Let the gas constant be $R = 8.3 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$. For simplification, you can ignore the second decimal places in the middle of the calculations. You can use $e^2 = 7.4$.

数学

問題 21

以下の設問 (1)、(2) 2 問とも答えよ。答えだけでなく計算過程が分かるように解答すること。

(1) $z = f(x, y)$ が、 $x^2 + y^2$ だけの関数 $z = g(x^2 + y^2)$ として表せるとき、

$$y \frac{\partial z}{\partial x} = x \frac{\partial z}{\partial y} \quad (\text{a})$$

が成立することを示せ。

(2) $z = f(x, y)$ について、(a) が成り立つとき、 z は $x^2 + y^2$ だけの関数として表せることを、次のようにして示せ。 $x = r \cos \theta$ 、 $y = r \sin \theta$ とおき、 $z = f(x, y) = h(r, \theta)$ とおく。(a) が成り立つとき、 $\partial h / \partial \theta = 0$ となることを示せ。ただし、

$$\frac{\partial r}{\partial x} = \cos \theta, \quad \frac{\partial r}{\partial y} = \sin \theta \quad (\text{b 1})$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial x} = \frac{-\sin \theta}{r}, \quad \frac{\partial \theta}{\partial y} = \frac{\cos \theta}{r} \quad (\text{b 2})$$

を用いて良い。

[English text continued on the next page]

Solve all the problems (1) and (2). Describe your calculation process in addition to the answers.

- (1) Suppose $z = f(x, y)$ is represented in a form $z = g(x^2 + y^2)$ depending only on $x^2 + y^2$. Show that the equation

$$y \frac{\partial z}{\partial x} = x \frac{\partial z}{\partial y} \quad (\text{a})$$

is satisfied.

- (2) Suppose $z = f(x, y)$ satisfies the equation (a). Show that z is represented in a form depending only on $x^2 + y^2$ in the following. Introduce (r, θ) defined through $x = r \cos \theta$ and $y = r \sin \theta$, and set $z = f(x, y) = h(r, \theta)$. Show that $\partial h / \partial \theta = 0$ when equation (a) is satisfied. You can use the following results:

$$\frac{\partial r}{\partial x} = \cos \theta, \quad \frac{\partial r}{\partial y} = \sin \theta \quad (\text{b1})$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial x} = \frac{-\sin \theta}{r}, \quad \frac{\partial \theta}{\partial y} = \frac{\cos \theta}{r}. \quad (\text{b2})$$

数学

問題 22

以下の設問 (1)、(2) 2 問とも答えよ。答えだけでなく計算過程が分かるように解答すること。

(1) 微分方程式

$$\frac{dy}{dx} = xy^2 - 9x \quad (\text{a})$$

が与えられたとき、これを満たす解 y を全て導け。

(2) 微分方程式 (a) について、 $y(0) = 0$ を満たす特殊解を求めよ。この解について、 $x \rightarrow \infty$ の値、および $x \rightarrow -\infty$ の値を求めよ。

Solve all the problems (1) and (2). Describe your calculation process in addition to the answers.

(1) Obtain all solutions for y to the differential equation

$$\frac{dy}{dx} = xy^2 - 9x. \quad (\text{a})$$

(2) Obtain a particular solution to the equation (a) which satisfies $y(0) = 0$. Obtain the values of this solution when $x \rightarrow \infty$ and $x \rightarrow -\infty$.