

**新高3生用**

**入会試験参考資料**

**4月入会用**

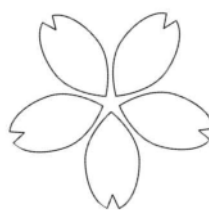
---

**数学**

**英語多読**

**物理**

**化学**



## はじめに

---

4月からの受講をご検討いただき、ありがとうございます。

この冊子は、新規入会試験・クラス分け試験を受験される際の試験問題の参考として、また、予備知識の確認やコース選択の判断材料としてご利用ください。

※掲載している問題は、過去の試験問題やテキストの内容から抜粋したサンプル問題となっています  
ことをご了承のうえ、ご利用ください。

## 目次

---

数学	.....	p. 1
英語多読	.....	p. 3
物理速修	.....	p. 12
物理演習	.....	p. 15
化学速修	.....	p. 23
化学演習	.....	p. 26

新規入会試験 受験者用 数学を受講するための予備知識確認問題

受験数学コースを受講するにあたって、最低限の予備知識をいくつか問題形式にしてみました。予備知識に不安がある方は、是非解いてみて、自分の習熟度のチェックにご利用ください。これらの基本問題では物足りない意欲的な人は、次頁の最後に3学期のテキストから抜粋した問題を載せていますので、挑戦してみましょう。

1 【確率】

1 から 6 の目が等確率で出るサイコロを  $n$  回振る。

3 の目と 4 の目がどちらも少なくとも 1 回は出る確率を、 $n$  を用いて表せ。

2 【数列】

$$\begin{cases} a_1 = 1 \\ a_{n+1} = a_n + \frac{2^n}{3^n} \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \end{cases}$$

を満たす数列  $\{a_n\}$  の一般項  $a_n$  を、 $n$  を用いて表せ。

3 【対数関数】

不等式  $\log_2 x < -\frac{3}{2}$  を解け。

4 【三角関数】

$xy$  平面上で、点  $P(\cos \theta, \sin \theta)$  と点  $A(-2\sqrt{3}, 2)$  との距離  $d$  が最小となる  $\theta$  を求めよ。(但し、 $0 \leq \theta < 2\pi$  とする。)

(hint : 点  $P(\cos \theta, \sin \theta)$  はどんな点か?)

5 【不等式と領域】

不等式  $(x^2 + y^2 - 4x - 2y)(x - y) > 0$  で表される領域を  $xy$  平面に図示せよ。

6 【2次方程式の解の配置】

$x$  の2次方程式  $f(x) = x^2 - 4ax + (a^2 + 6) = 0$  が、 $x \leq 0$  なる実数解を1つ以上もつような実数定数  $a$  の範囲を求めよ。

7 【ベクトル】

$\triangle ABC$  があり、 $\vec{b} = \overrightarrow{AB}$ ,  $\vec{c} = \overrightarrow{AC}$  とする。

BC を5:1 に内分する点を P、 $\triangle ABC$  の重心を G とする時、 $\overrightarrow{PG}$  を  $\vec{b}$ ,  $\vec{c}$  を用いて表せ。

8 【数II 微分】

$f(x) = x^4 - 6x^2 + 8x + 1$  が極値をとる  $x$  の値を求めよ。

9 【数II 積分】

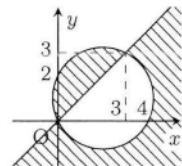
2 曲線  $\begin{cases} y = x^2 \\ y = -x^2 - 6x \end{cases}$  の囲む領域  $D$  の面積  $S$  を求めよ。

この他、理系・医系志望であれば、数III 微積分の計算が一通りできることが望ましいです。  
また、基本問題では物足りない意欲的な人は、下の問題に挑戦してみましょう。

10# 【挑戦問題】

$1 \geq z \geq x^2 + y^2$  のとき、 $w = x + y + z$  の値域を求めよ。

- 【略解】
- |   |                                       |   |   |   |                              |
|---|---------------------------------------|---|---|---|------------------------------|
| 1 | $\frac{6^n - 2 \cdot 5^n + 4^n}{6^n}$ | 2 | $3 - 3\left(\frac{2}{3}\right)^n$         | 3 | $0 < x < \frac{\sqrt{2}}{4}$ |
| 4 | $\frac{5}{6}\pi$                      | 5 | 右図の斜線部で、境界を含まない。                          |   |                              |
| 6 | $a \leq -\sqrt{2}$                    | 7 | $\frac{1}{6}\vec{b} - \frac{1}{2}\vec{c}$ | 8 | -2                           |
|   |                                       |   |   | 9 | 9                            |



受験英語多読 新規入会試験 ACE 英語運用能力テスト サンプル問題

受験英語多読クラスでは、新規入会試験に ACE 試験（英語運用能力テスト）を行います。以下は、試験の一部のサンプル問題です。

1 【文法・語彙】

空所を含む 1 往復の会話文もしくは 1～2 文の短い英文を読み、空所に入る語（句）を選択肢から選びます。

(1) “What ( ) do they speak in Canada?”  
“They speak English and French.”

- ① countries
- ② languages
- ③ nations
- ④ persons

(2) “How did you ( ) last weekend?”  
“I went to see a movie with my friends.”

- ① care
- ② make
- ③ spend
- ④ use

(3) Tim went to see a doctor. The doctor advised him ( ) too much.

- ① don't eat
- ② not eating
- ③ not to eat
- ④ to not eat

(4) “What are you going to do tomorrow?”  
“I want to go swimming. But if it ( ), I'll stay home.”

- ① rained
- ② raining
- ③ rains
- ④ will rain

(5) The earth is running out of oil.  
It's necessary to develop (            ) energy resources such as solar power.

- ① accidental
- ② aggressive
- ③ alternative
- ④ apparent

(6) This question is simple. (            ) to do is answer “yes” or “no”.

- ① All the things
- ② All you have
- ③ How things
- ④ You have only

(7) I'm very grateful for your help.  
Without your advice, I (            ) up on my project.

- ① had given
- ② have given
- ③ would be given
- ④ would have given

2 【リーディング】

英文を読み、英文に付随する質問の答えを選択肢から選びます。各英文には、1～3問の質問が付随します。

## I Need Your Advice

**Dear Beth Flyer:** I'm a seventeen-year-old girl. At school, I have a friend from Japan. Last weekend, I invited her to my birthday party. I thought she would be glad but her answer was "If my host parents say OK, I can go." I thought it was very strange. She is seventeen. I told her she should decide such things on her own. Then she began to cry and hasn't talked to me much since then. Did I hurt my friend's feelings? Was what I said wrong? I need your help—Alice.

**Dear Alice:** What you thought was natural and what you did was right. The point is how you expressed your feelings to your Japanese friend. She probably didn't understand what you really meant. Or perhaps she isn't used to the American way of saying things. What you have to do now is tell her that you didn't mean to hurt her and explain your thoughts once again. This time, take your time and make sure she understands what you are saying. Good luck!

(1) What did Alice think was strange about her friend?

- ① Her friend didn't want to come to the birthday party.
- ② Her friend always went out with her host parents.
- ③ Her friend couldn't decide a simple thing by herself.
- ④ Her friend always cried and didn't talk at school.

(2) What is Beth Flyer's advice to Alice?

- ① Leave your friend alone because she can't understand you.
- ② Study Japanese to communicate better with your friend.
- ③ Ask your friend politely to come to your birthday party.
- ④ Explain your thoughts in a way your friend can understand.

The following two accident reports (Driver A and B) are for the same traffic accident.

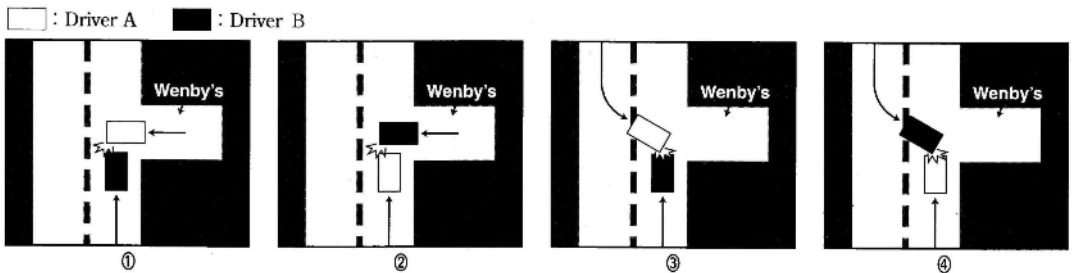
**Driver A**

I was driving down East Street under the speed limit. Then suddenly, a car came out from Wenby's Restaurant. When I saw the car, I hit the brakes hard. It was raining hard at that time, so my car slid. Then we crashed. After the crash, I helped the driver get out of her car. The driver was so careless. She should have stopped and looked both ways before driving onto East Street.

**Driver B**

I was driving out of Wenby's. I was very careful because it was raining hard. Before driving onto East Street, I stopped and checked to see that nobody was coming. Then I saw a car far away. I thought I had enough time to go before the car came. But the car came so fast. It had to be going over 70 miles per hour. I hit the brakes hard but he crashed into my car. After the crash, the driver helped me get out of my car.

(3) Which picture shows this accident?



(4) What did both Driver A and Driver B say?

- ① Because it was raining hard, my car slid.
- ② I hit the brakes hard before the crash.
- ③ I helped the other driver get out of the car.
- ④ I stopped before driving onto East Street.



## 受験英語多読 クラス分け試験(3月) サンプル問題

実際の試験は、

【リスニング】・【文法・選択型問題】・【読解問題 基礎～標準】

【読解問題 発展】・【和訳・英作文】

から5～6題を出題します。試験時間は80分です。

上記のうち【読解問題 基礎～標準】を抜粋して掲載します。

【読解問題 基礎】

次の英文を読み、設問に答えよ。

One of the controversial animal rights issues in Japan is whaling. Almost all countries (except Norway) agreed to the ban on commercial whaling. Yet Japan continues to [ 1 ] whales for alleged research purposes. Moreover, many people argue that (ア)whale meat is a traditional part of the nation's food culture. However, we must also remember that many Japanese began eating it only after World War II because food was then scarce—a situation which is [ 2 ] the case. Thus, some Japanese environmental experts say that an end to whaling would hardly affect the nation's economy.

In addition to protecting whales, environmentalists have also focused on the killing of rhinos<sup>1</sup> and elephants. The rhinos are killed for their horns. Rhino horn, when [a: **grind**] to powder, is used in traditional Chinese medicine to relieve fevers. Asian rhino horn sells for \$52,000 per kilogram, and African rhino horn sells for \$5,700 per kilo.

Because of the killing of rhinos, their population worldwide has fallen to an estimated 10,500, and each of the five species of rhino is [b: **consider**] endangered by the 112 countries of the Convention on International Trade in Endangered Species<sup>2</sup>. This organization [ 3 ] international rhino horn trade in 1976, and recommended a halt to domestic sales in 1987. Nevertheless, illegal trade in rhino horns continues; at least three rhinos are killed by poachers<sup>3</sup> every week in Zimbabwe<sup>4</sup> alone.

<sup>1</sup> **rhino** 「サイ」

<sup>2</sup> **the Convention on International Trade in Endangered Species** 「絶滅の恐れのある野生動植物の種の国際取引に関する条約」(通称ワシントン条約、1975年発効)

<sup>3</sup> A **poacher** is someone who illegally catches fish, birds, or animals on someone else's property.

<sup>4</sup> **Zimbabwe** 「ジンバブエ(アフリカ南部の共和国)」

One country where the sale of rhino horns is still [ 4 ] is Taiwan. It is estimated that the nation has a stockpile of 10 tons. A government registry, however, shows less than 2 tons. While most Taiwanese favor [c: **protect** ] wildlife, they believe that (イ)the rhino horn trade is also culturally based, much like Japan's whale meat trade, and cultural traditions are difficult to overcome.

Similarly, in some African nations the killing of elephants for their ivory tusks is threatening their survival as a species. Moreover, because of droughts<sup>5</sup>, (ウ)Zimbabwe has sanctioned<sup>6</sup> large kills of elephants and other animals to feed families who would otherwise go hungry. This has happened in spite of the world ban on the sale of ivory.

Environmentalists are also protesting the trapping of wild animals for their fur. In former times, people needed the skins of animals to provide insulation against the [ 5 ]. Nowadays, furs are only a status symbol. Thus, more and more environmentally conscious people refuse [d: **wear** ] real furs.

- (1) 下線部 (ア) の主張に対する反論として使える事実を本文より探し、日本語で述べなさい。
- (2) 下線部 (イ) の意味を日本語で説明しなさい。
- (3) 下線部 (ウ) を日本語に訳しなさい。
- (4) 空所 [ 1 ]～[ 5 ]に入れるのに適切な語を文脈から判断し、記入しなさい。

[1] protect / search / kill / oppose / explain

[2] always / no longer / hardly ever / at least / even today

[3] banned / praised / appeared / adopted / obliged

[4] prohibited / primitive / legal / stubborn / dangerous

[5] enemy / water / cold / world / food

- (5) 文中 [ a ]～[ d ]の動詞は原形で示されている。文脈に合うように正しい語形に直しなさい。

<sup>5</sup> **drought** 「干ばつ」

<sup>6</sup> If an institution or a person with authority **sanctions** an action or practice, they give their approval of it so that it can officially be done.

## 3 【読解問題 標準】

次の英文を読み、設問に答えよ。

Perhaps one reason why we are attracted by cats is that such a small animal can contain so much independence, dignity and freedom of spirit. (I) [ **Like / Unlike** ] the dog, the cat never changes its personality to please a human. He demands acceptance on his own terms as the wildest of tame<sup>7</sup> animals and the tamest of wild ones.

There are other ties which cats put on our affections. We enjoy their intelligence and grace, and we feel a strange sense of companionship and comfort in their presence. But these ideas are (II) [ **easy / hard** ] to explain in words. At bottom, (ア)cats are like music. The reasons for their appeal to us can never be expressed clearly.

Although we can be sure of our attitude towards cats, what do they think of us? Over the past few thousand years, cats have had their ups and downs. They have been worshipped as (III) [ **gods / people** ] and burnt as witches; they have inspired poetry and been made into cheap fur coats. I don't seriously believe cats remember any of this past history, but, if they did, I doubt if it would make any difference to them. Cats are more interested in the immediate (IV) [ **past / present** ].

Cats live with us (V) [ **because / although** ] it pleases them to do so. Even an apartment cat is equipped to head for the woods at a moment's notice; and to earn his living there if the situation seems to require it. (イ)The fact that cats associate with humans at all may indicate that they don't consider us such bad friends.

However, like any human relationship, there is more to it than simply putting up with one another. A cat's friendship is never given casually or at random. Gaining it takes work, and keeping it takes even (VI) [ **less / more** ] work. You must always give the cat lots of attention, and if any sacrifice of personality is to be made, it must come from the human. In exchange for our time and effort, the cat will agree to put up with us when he feels like it. To people who prefer constant attention, this appears a modest and occasionally unsatisfactory reward.

Again, there is more than we can express exactly. If the pull of the outside world is strong, there is also a pull towards the human. The cat may disappear on his own, but sooner or later he (VII) [ **leaves / returns** ] once again for a little while

---

<sup>7</sup> A **tame** animal or bird is one that is not afraid of humans.

to greet us with his own type of love. Independent as they are, cats find more than pleasure in our company. They miss their owners and grieve for them. (ウ) Some cats have even let themselves starve to death rather than eat from strange hands.

So perhaps the cat's famous reserve and unfriendliness are, in part at least, a sort of *defense mechanism*. A cat's life can be as difficult as our own, and it may be that we comfort them for being cats as much as they comfort us for being human.

— adapted from *My five Tigers* by Lloyd Alexander

- (1) 文中(I)～(VII)について、前後関係から判断して適切な語を選びなさい。
- (2) ①から⑥までの英文を完成させるのもっとも適切な選択肢を選び、記号で解答せよ。
- ① When cats live alongside humans, they
- are alternately wild and tame.
  - change their personality and become more like dogs.
  - expect to be treated as equals.
- ② In history, cats have
- performed a variety of tasks in the service of man.
  - experienced both adoration and suffering at the hands of man.
  - learnt that human attitudes and behavior make no difference to them.
- ③ Cats are domestic animals but
- they still have to earn their living outside the home.
  - they find that a lot of people are bad.
  - they could survive without human beings if necessary.
- ④ To gain the friendship of a cat
- is a relatively simple matter.
  - always involves some form of sacrifice.
  - takes both time and dedication.
- ⑤ People who demand adulation and obedience from their pets
- will probably find cats rather unsatisfactory companions.
  - will almost certainly think that cats are too modest.
  - will always reward a cat for its constancy.
- ⑥ The main idea of the passage is that
- wild animals can never be totally happy in a domestic environment.
  - people can enjoy deep and loving relationships with cats.
  - cats are too independent to settle permanently with people.

- (3) 下線部(ア)に関して、猫と音楽の共通点を日本語で述べなさい。
- (4) 下線部(イ)を日本語に直しなさい。
- (5) 下線部(ウ)は猫のどのような性格を象徴しているか、本文に即して日本語で述べなさい。

【模範解答】

2

- (1) 多くの日本人が鯨の肉を食べ始めたのは第2次世界大戦後であった。
- (2) サイの角の売買は、日本人にとっての鯨肉の売買と同じく、文化に深く根ざすものであり、文化的な習慣を変えることは難しい。
- (3) ジンバブエ (政府) は/そうしなければ餓えてしまうであろう家族を養うために/象や他の動物を大量に殺すこと/を認めてきた/。  
 【解説・基準】以下のそれぞれのニュアンスが出るように。①ジンバブエでは、象などの動物を食用に殺傷している、そしてそれは政府により認められている。②ただし、これはそうしなければ人間が餓え死にになってしまう状況の場合のみである。
- (4) [1] kill [2] no longer [3] banned [4] legal [5] cold
- (5) [a] ground [b] considered [c] protecting [d] to wear

3

- (1) (I) Unlike (II) hard (III) gods (IV) present (V) because (VI) more (VII) returns
- (2) ① a. ② b. ③ c. ④ c. ⑤ a. ⑥ b.
- (3) 猫と音楽の魅力の理由は決して明確には言い表せないところが共通です。  
 【解説・基準】「魅力がはっきり分らない」は減点
- (4) そもそも猫が人間と付き合っている/という事実 (そのもの) が/猫が人間のことをそれ程悪い友人だと見なしていない/ということを示しているのかもしれない。  
 【解説・基準】①「付き合っている」は「生活している」「関わりを持つ」などでも良い
- (5) 自分の飼主に対して愛情を感じており/その飼主がいなくなれば寂しかったり嘆き悲しむという性格。

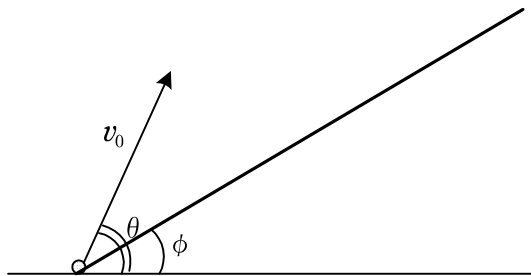
### 受験物理速修コース春期入会のための問題

受験物理速修コースの授業は1月より開講されています。春期講習から入会される場合は1～2月のダイジェスト版講座を用意していますので、それを受講のうえ、さらに速修コースの指定講習を受講してください。春期講習での2講座受講は負担がありますが、1～2月の授業では物理全体の基本となる力学の基礎講義を一から行ったため、この内容をしっかり理解しておかないと先々の勉強に大きな支障が出てしまうのです。基礎をおろそかにして、ただ先を急いでも得るものはあまりありません。頑張る時期をどこにするか？ という問題だにご理解ください。

なお、下記の内容および関連する応用問題（これらが1～2月の学習内容の概要となります）を自習できるという方は、ダイジェスト版講座を省略して、別に用意されている入会試験を受験してください。試験に合格された場合は、春期講習の指定講習1講座の受講だけで大丈夫だと思われまます。

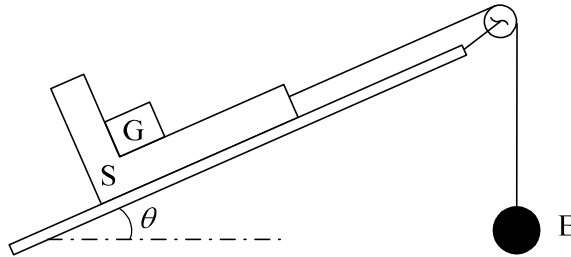
1

傾斜角  $\phi$  で傾けて固定した板の下端から、小物体を水平面からの仰角  $\theta$ 、速さ  $v_0$  で投射する。重力加速度の大きさを  $g$  として、板に衝突するまでの時間、および、小物体が板面に衝突する点と板の下端と間の距離をそれぞれ求めよ。



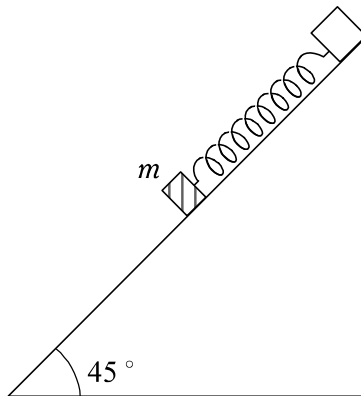
2

水平面となす角度  $\theta$  の斜面上に、質量の無視できる滑車と糸で物体  $S$ ,  $E$  を連結し、 $S$  の上に  $G$  を乗せた。 $S$  は L 字形の台であり、 $G$  は図のように  $S$  に支えられるようになっている。 $S$  の上面は斜面上に平行であり、 $G$  が支えられている背もたれは斜面に垂直である。重力加速度の大きさを  $g$  とし、 $S$ ,  $E$ ,  $G$  の質量をそれぞれ  $m_1, m_2, m_3$  とし、 $S$  の受ける糸の張力の大きさ、および、 $G$  が  $S$  の背もたれ部分から受ける抗力の大きさを求めよ。摩擦はすべて無視できるものとする。 $m_2$  は十分大きく、運動は  $E$  の落下の方向である。



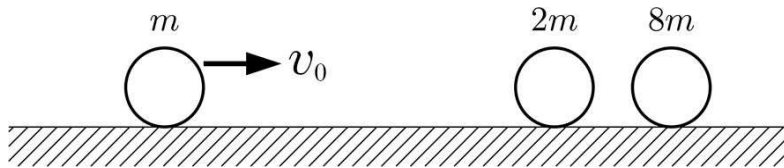
3

図のように水平面に対する傾きが  $45^\circ$  の斜面上に、ばね定数  $k$  の軽いばねの上端を固定する。ばねの下端に質量  $m$  の小物体を取り付けて、斜面上でばねが自然長になる位置におき、静かにはなす。斜面と小物体の間の動摩擦係数を  $\mu'$  とする。斜面をすべり下りた小物体は、やがて速さが  $0$  になった。このときのばねの伸びを求めよ。重力加速度の大きさを  $g$  とする。



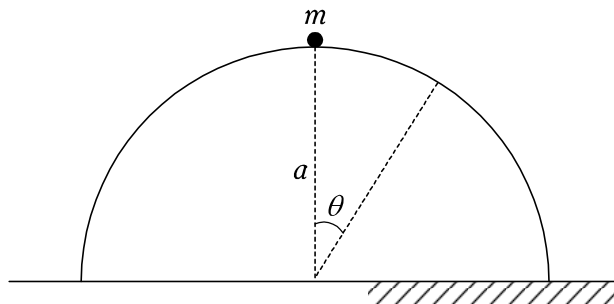
4

摩擦のない水平な床の上に質量  $2m, 8m$  の球体を静置し、質量  $m$  の球体を速さ  $v_0$  で向かわせる。3つの球体は衝突を繰り返し、やがて衝突することなく離れてゆくようになる。すべての衝突での反発係数が  $0.5$  であるとして、衝突完了後のそれぞれの球体の運動の向きおよび速さを求めよ。ただし、3つの球体はすべて同じ大きさであり、衝突は一直線上で起こるものとする。



5

水平面に固定された半径  $a$  の半球面上の頂点に質量  $m$  の小物体をそっとおく。小物体は初速  $0$  で球面上をすべりだす。物体が球面から離れるときの  $\cos\theta$  を示せ。ただし球面と小物体の間に摩擦はなく、重力加速度の大きさを  $g$  とする。





**受験物理演習コース4月入会のための問題**

4月からの受験物理演習コースでは、原子物理分野を除く高校物理の基礎講義を受けたことを前提とした授業が行われます。（原子分野の講義はFGクラスでは夏期講習、Hクラスでは春期講習にて行いますので、予備知識は必要ありません。）

授業スタイルは「問題の解説」を利用して「物理法則の確認」「物理法則の応用の仕方を学ぶ」というものです。テキストの問題（毎週5問ほどが指定されます）を予習したうえで授業に臨むという形式です。予習の段階で理解が不完全である部分の再確認と、理解している事項を発展させて応用させる方法を学ぶことが授業の主眼です。

したがって当コースを受講するためには、各分野の基礎事項の講義をすでに受けていて、ある程度予習する（基本的な問題であれば自力で解答できる）能力が必要です。受験物理演習コースを受講するためには、学校などで教科書レベルの学習が8割がた修了していて、教科書掲載の章末問題が自力で解けるレベルであることが望ましいとお考えください。

受験物理演習コースの授業で扱うときまでに力学・電磁気・波動（音波・光波）・熱力学の分野の準備が間に合いそうにない場合には、受験物理速修コースの受講を強くお勧めします。

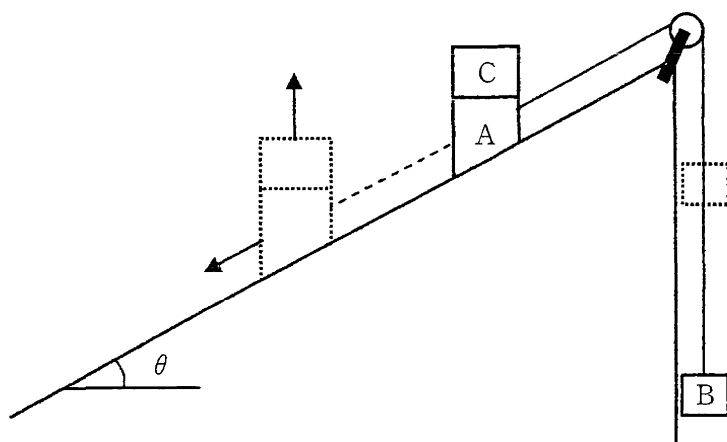
以下の掲載されている問題のうち、力学・波動・熱力学の問題は4月～6月の授業で扱う問題のレベルを紹介する参考問題です。掲載されている問題はおおむね入試標準程度の難度の問題です（FGともに授業で扱うレベルです。Hではこのレベルの問題は解けることが前提になります）。参考書などを調べながら解くのもよく、正解に至らなくてもかまいませんが、自力で予習できないと、当コースを受講しても十分な効果は期待できません。

また、夏期講習で必要となる電磁気分野の確認問題も掲載されていますので、4月～6月中にこの分野の基礎学習が完了するかどうかをご確認ください。

- 1 【力学】 ※参考書などを見ながらでも予習ができないという方は速修コースをお勧めします。

図に示すように、質量 $2M$  [kg]の物体 A と質量 $M$  [kg]の物体 B を軽く伸びない糸で結び、A をなめらかな斜面に置き、B を斜面の上端につけた滑車を通してつりさげる。A を手で押さえて、その上に物体 C をのせて、押さえていた手を静かに放したら、A は C をのせたまま、斜面に沿って加速度 $\frac{g}{4}$  [m/s<sup>2</sup>] ( $g$  [m/s<sup>2</sup>] は重力加速度) で滑り降り始めた。A が斜面を距離 $l$  [m]だけ進んだとき、C を A の上から取り去ったところ、A はその後一定の速度で滑り降りていった。C を A から取り去る直前と直後とで A の速さは変化しないものとする。また糸と滑車の間の摩擦は無視でき、A と C の間には静摩擦係数 $\mu_0$ 、動摩擦係数 $\mu$ の摩擦が働くものとする。

- (1) 斜面が水平面となす角度 $\theta$ を求めなさい。
- (2) 等加速度運動をしているとき、および等速度運動をしているときの A と B をつないでいる糸の張力 $T_1$  [N]と $T_2$  [N]をそれぞれ求めなさい。
- (3) 等加速度運動しているとき、C が A に及ぼす鉛直方向の力の大きさ $F$  [N] および水平方向の力の大きさ $R$  [N]をそれぞれ求めなさい。ただし、A の上面は常に水平になっているとする。
- (4) 等速度運動しているときの A の速さ $v$  [m/s]を求めなさい。
- (5) 物体 C の質量 $m$  [kg]を求めなさい。

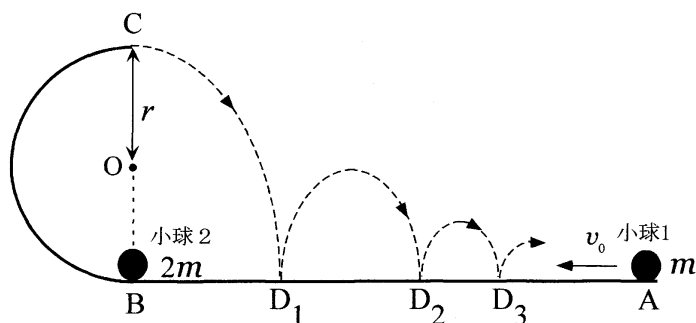


2 【力学】 ※参考書などを見ながらでも予習ができないという方は速修コースをお勧めします。

図のように、摩擦の無視できる水平面 AB と半円筒面 BC (中心 O、半径  $r$ ) が鉛直面内にあり、B でなめらかにつながっている。点 A に質量  $m$  の小球 1、点 B に質量  $2m$  の小球 2 が静止している。今、点 A に静止している小球 1 に図の矢印の方向に初速度  $v_0$  を与えた。重力加速度を  $g$  として、以下の問いに答えよ。ただし、A から B の向きを正の向きとする。

- (1) 小球 1 が、点 B で小球 2 と弾性衝突した。衝突直後のそれぞれの小球の速度を求めよ。
- (2) 小球 2 が最高点 C に到達したときの速さを求めよ。
- (3) 小球 2 が点 C を通過するためには、小球 1 の初速度  $v_0$  の大きさはいくら以上でなければならないか。
- (4) 点 C から水平に飛び出した小球 2 が水平面上の点  $D_1$  で衝突してはね返り、図のように高さを減らしつつ、点  $D_2, D_3, \dots$  で衝突とはね返りを繰り返して、ついに水平面を滑り出した。床のはね返り係数を  $e$  ( $0 < e < 1$ ) とする。ただし、点 C を飛び出した小球 2 は、小球 1 と衝突しないとする。
  - ① 小球 2 が点 C を通過してから、点  $D_1$  に達するまでの時間、および点  $D_1$  ではね返った直後の速度の鉛直成分の大きさを求めよ。
  - ② 小球 2 が点  $D_1$  ではね返ってから、点  $D_2$  に達するまでの時間を求めよ。
  - ③ 点 B と、小球 2 が水平面を滑り始める点との距離を求めよ。  
必要ならば、次の無限等比級数の式を使用してよい。

$$a + ax + ax^2 + ax^3 + \dots = \frac{a}{1-x} \quad (\text{ただし } |x| < 1)$$



3 【力学】 ※参考書などを見ながらでも予習ができないという方は速修コースをお勧めします。

それぞれ質量が  $m$  である 2 つの物体 A, B を、質量が無視でき、ばね定数が  $k$  であるばねで連結し、摩擦の無視できる水平面上に置く。はじめ、物体 A は図の左側の鉛直な壁に接しており、ばねは自然長である。物体 B に、A に近づく向きに大きさ  $v_0$  の初速を与える。しばらくの間 A は静止しているが、ばねが自然長に戻った直後に壁から離れて動き始める。

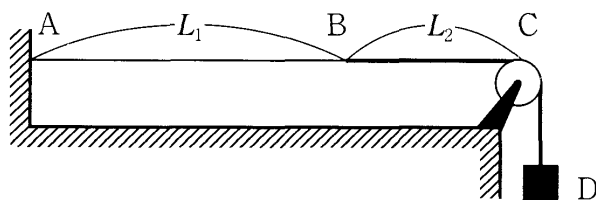
- (1) A が静止している間の、ばねの縮みの最大値を求めよ。
- (2) B に初速を与えてから、A が壁から離れるまでの時間を求めよ。
- (3) ばねが自然長に戻った直後に A が壁から離れることを説明せよ。
- (4) A が壁から離れた後に、ばねの伸びが最大となった瞬間の A の速さを求めよ。
- (5) (4)における、ばねの伸びを求めよ。
- (6) A が壁から離れてから、初めてばねの伸びが最大になるまでの時間を求めよ。



- 4 【波動】 ※参考書などを見ながらでも予習ができないという方は速修コースをお勧めします。

異なる線密度をもつ2種類の糸をB点でつないで作った1本の弦の一端を図のように壁のA点に結び、滑車Cを経て他端におもりDを吊るした。AB間の長さは $L_1$ [m]で、弦の線密度は $\rho$ [kg/m]である。BC間の長さは $L_2$ [m]で、線密度は $4\rho$ [kg/m]である。この弦をある振動数で振動させたところ、A、B、C点のみが節となる定常波が生じた。

- (1)  $\frac{L_2}{L_1}$  を数値で答えよ (考え方も示せ)。  
 (2)  $L_1 + L_2 = 0.5\text{m}$ 、おもりDの質量 $0.5\text{kg}$ 、 $\rho = 4.9 \times 10^{-4}\text{kg/m}$ 、重力加速度の大きさを $9.8\text{m/s}^2$ として、下線部の振動数を数値で答えよ。



つぎに図中の弦を線密度が一律な1種類の糸からなる1本の弦に張り替えてAC間で振動させた。腹の数が $n$  (つまり $n$ 倍振動)の定常波の波長を $\lambda_n$ 、固有振動数を $f_n$ 、振幅を $a$ とする。定常波はAからCの向きへ進む進行波と、その波がC端で反射してCからAの向きへ進む進行波との重ね合わせで表すことができる。点Aから距離 $x$ だけ離れた位置での時刻 $t$ におけるAからCに向かう進行波の変位 $y_1$ が次の式で表されるものとする。

$$y_1 = a \sin 2\pi \left( f_n t - \frac{x}{\lambda_n} \right)$$

- (3) C端で反射してCからAの方向へ進む進行波の、点Aから距離 $x$ だけ離れた位置での時刻 $t$ における変位 $y_2$ の式を、上の式を参考に表せ。  
 (4) 上記の式から定常波の式は

$$y_1 + y_2 = \boxed{a} \boxed{b} 2\pi \frac{x}{\lambda_n} \boxed{c} 2\pi f_n t$$

と表すことができる。空欄aには $a$ を用いた式、空欄b, cにはsinまたはcosから適切な方を選んで答えよ。

- 5 【熱力学】 ※参考書などを見ながらでも予習ができないという方は速修コースをお勧めします。

図1のように、断面積 $S[\text{m}^2]$ のシリンダーに同じ断面積ですき間なくめらかに動く質量 $M[\text{kg}]$ のピストンをはめて鉛直方向に立てて、その中に物質量 $n[\text{mol}]$ の単原子分子理想気体が封入されている。大気圧を $p_0[\text{Pa}]$ 、気体定数を $R[\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})]$ 、重力加速度を $g[\text{m}/\text{s}^2]$ とする。

- (1) 図1での気体の圧力を $p_1[\text{Pa}]$ とする。ピストンの質量を $p_0, p_1, S, g$ で表せ。
- (2) 図1での気体の体積を $V_1[\text{m}^3]$ とする。気体の内部エネルギーを $V_1, p_1$ で表せ。
- (3) 図1の状態から気体を等温に保ちながら、図2のようにシリンダーを水平にした。このときのシリンダー内の気体の体積を $p_0, p_1, V_1$ で答えよ。
- (4) 図1の状態から図2の状態に至るまでにシリンダー内の気体がした仕事を $p_0, p_1, V_1$ で答えよ。なお、必要であれば $\int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{x} dx = \log_e \frac{x_2}{x_1}$ を用いてよい( $e$ は自然対数の底)。
- (5) 図2から図3のようにシリンダーを下向きとした。この過程が断熱過程であるとすると 気体の温度はどのようになるか。理由をつけて「高くなる」「変化しない」「低くなる」などのように増減を答えよ。

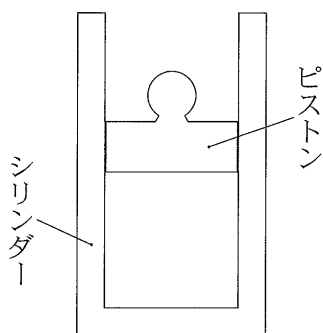


図1

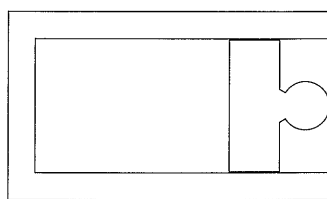


図2

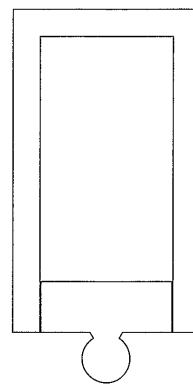


図3

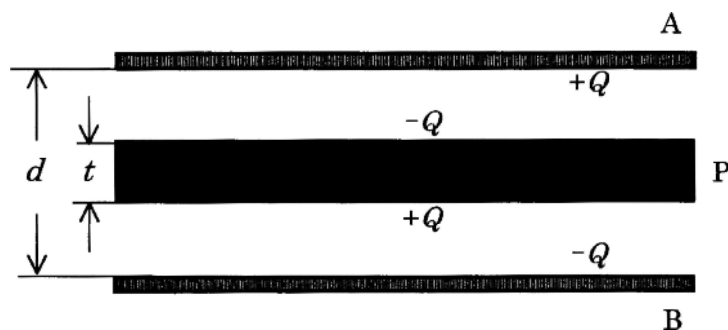
6 【電磁気】 ※夏までに基礎学習を終えることができないと思われる方には速修コースをお勧めします。

次の図のように平行平板A, Bが距離 $d$ を保って置かれ、電気容量が $C$ の平行平板コンデンサーを作っている。Aには電荷 $+Q$ が、Bには電荷 $-Q$ が帯電している。極板AとBは十分に広いものとする。



- (1) AB間の電位差はいくらか。
- (2) AB間の電場の強さはいくらか。

A, Bと同形で厚さ $t$ の導体板PをAB間の中央に、A, Bに触れないように挿入した。すると、導体板PのAに近い表面に $-Q$ 、Bに近い表面に $+Q$ の電荷があらわれ、導体板Pの中に電場は生じない。



- (3) AP間とPB間の電場の強さはそれぞれいくらか。
- (4) AB間の電位差はいくらか。
- (5) このコンデンサー全体の容量はいくらか。
- (6) この導体板Pを、導体板Pと同じ形状で比誘電率 $2$ の誘電体 $P'$ にとりかえると、誘電体の表面に誘導される電気量の大きさはいくらになるか。また、このコンデンサー全体の容量はいくらになるか。

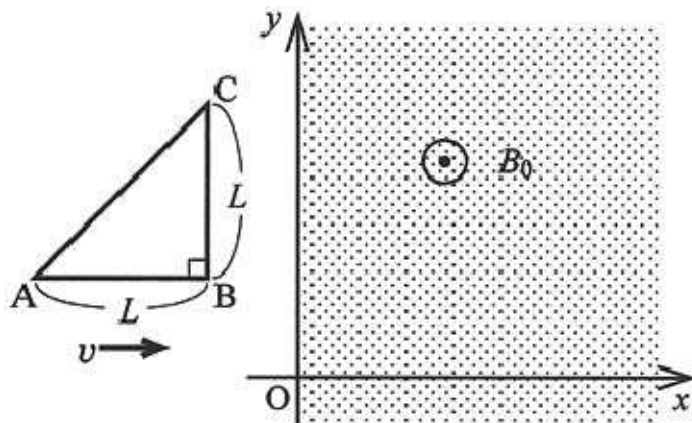
7 【電磁気】 ※夏までに基礎学習を終えることができないと思われる方には速修コースをお勧めします。

紙面内に  $xy$  平面をとる。  $x < 0$  の領域には磁場はないが、  $x \geq 0$  の領域には磁束密度の大きさが  $B_0$  [T] で紙面に垂直に裏から表に向かう向きの一様な磁場がある。

図のように、直角二等辺三角形の回路 ABC を  $xy$  面内で  $+x$  向きに一定の速さ  $v$  [m/s] で運動させる。時刻  $t = 0$  で辺 BC が  $y$  軸にかさなったとする。

辺 AB の長さは  $L$  [m] であり、回路 ABC の全抵抗は  $R$  [ $\Omega$ ] である。また、回路を流れる電流がつくる磁場は無視できるものとする。

- (1) 時刻  $t \left( 0 \leq t \leq \frac{L}{v} \right)$  [s] において、回路 ABC を貫く磁束  $\Phi$  [Wb] を  $v$ ,  $t$ ,  $L$ ,  $B_0$  を用いて表せ。
- (2) (1)の時刻  $t$  において、回路 ABC を流れる電流  $I$  [A] の大きさを  $v$ ,  $t$ ,  $L$ ,  $B_0$ ,  $R$  を用いて表せ。
- (3) (2)の電流の向きは  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$  であるか  $A \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$  であるか答えよ。
- (4) (1)の時刻  $t$  において、辺 BC が磁場から受ける力の大きさ  $F_1$  [N] を  $v$ ,  $t$ ,  $L$ ,  $B_0$ ,  $I$  を用いて表せ。
- (5) (4)の力の向きを答えよ。
- (6) (1)の時刻  $t$  において、辺 CA が磁場から受ける力の大きさ  $F_2$  [N] を  $v$ ,  $t$ ,  $L$ ,  $B_0$ ,  $I$  を用いて表せ。
- (7) (6)の力の向きを答えよ。
- (8) (4) (6)で求めた  $F_1$ ,  $F_2$  と  $v$  から計算される  $\left( F_1 - \frac{F_2}{\sqrt{2}} \right) v$  は、(2)で求めた電流  $I$  から計算される  $RI^2$  に等しい。このことを上記の式を変形して確認し、どうして等しくなるか定性的に答えよ。





受験化学速修コース春期入会のための問題

受験化学速修コースの授業は1月より開講されています。春期講習から入会される場合は1~2月の計算部分を扱うダイジェスト版講座を用意していますので、それを受講のうえ、速修コースの指定講習を受講してください。春期講習での2講座受講は負担がありますが、頑張る時期をどこにするか？ という問題だご理解ください。

なお、下記の内容および関連する応用問題を自習できるという方は、ダイジェスト版講座を省略して、別に用意されている入会試験を受験してください。試験に合格された場合は、春期講習の指定講習1講座の受講だけで大丈夫だと思われま

1

$\text{Al}_2\text{O}_3$ の結晶構造は酸素原子がほぼ六方最密構造をとり、その一部の隙間にアルミニウム原子が入っている。図1は酸素原子だけの配列を示しているが、この六角柱の格子の隙間にアルミニウム原子が存在している。ここでは、酸素原子が完全な六方最密構造をとることとして、以下の問いに答えよ。

- (1) 1個の酸素原子の周囲に、何個の最近接酸素原子があるか。その数を記せ。
- (2)  $c$ は一辺の長さが $a$ の正四面体の高さの2倍である。 $c$ を $a$ を用いて表せ。
- (3)  $a = 2.7 \times 10^{-8} \text{ cm}$ であるとする。このときの $\text{Al}_2\text{O}_3$ の密度 $[\text{g}/\text{cm}^3]$ を有効数字2桁で答えよ。 $\sqrt{2} = 1.4$ ,  $\sqrt{3} = 1.7$ , アボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ , 原子量を $\text{Al} = 27$ ,  $\text{O} = 16$ とする。

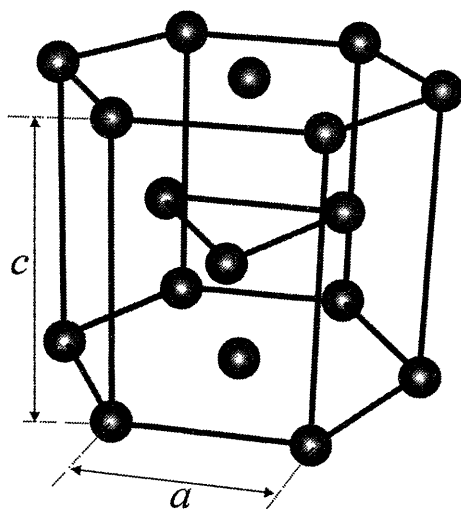
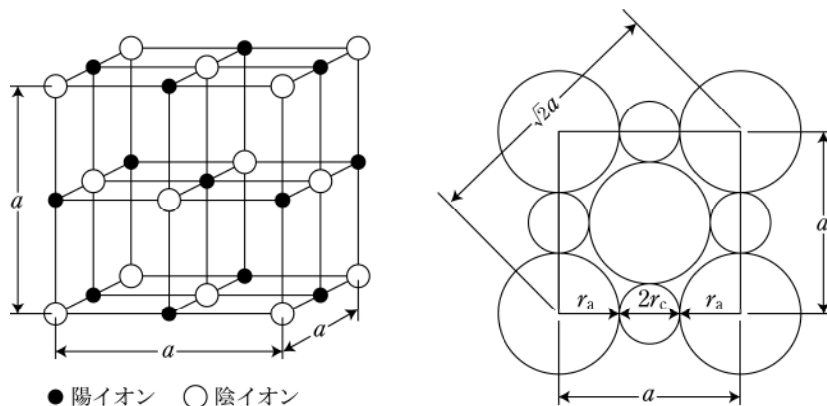


図1  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 結晶中の酸素原子の配列

2

図は塩化ナトリウム結晶の単位格子を示したものである。左の図は各イオンの原子核の位置を表したものであり、右の図はイオンの接触関係を表したものである。単位格子の格子定数（立方体の一辺の長さ）を  $a$ 、陰イオン半径を  $r_a$ 、陽イオン半径を  $r_c$  とする。いま、 $r_c = kr_a$  が成り立つとき、この  $k$  を用いて塩化ナトリウム結晶の空間充填率を求めよ。



3

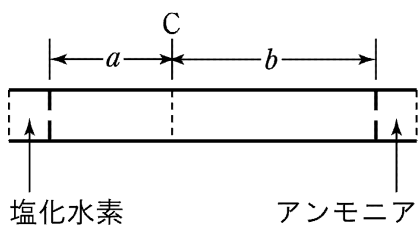
容積 5L の密閉容器中に質量百分率で酸素 20%、窒素 80% の混合気体が入っており、その圧力は 100kPa である。この容器にさらに、500kPa で 3L を占める量の気体のヘリウムを押し込んだ。このときの容器中の酸素及び窒素の分圧は、それぞれ何 kPa か。原子量を  $N=14$ 、 $O=16$  とする。

4

ヨウ素が気体状態で、 $I_2 \rightleftharpoons 2I$  の解離平衡にあるとき、ある温度、圧力（全圧）で 5% の解離度を示した。容積を一定にしたまま、温度を絶対温度で 1.5 倍に上げたところ、圧力が 2.5 倍となった。このときの解離度は何%か。ただし、固体のヨウ素は残っていないものとし、気体は理想気体とする。

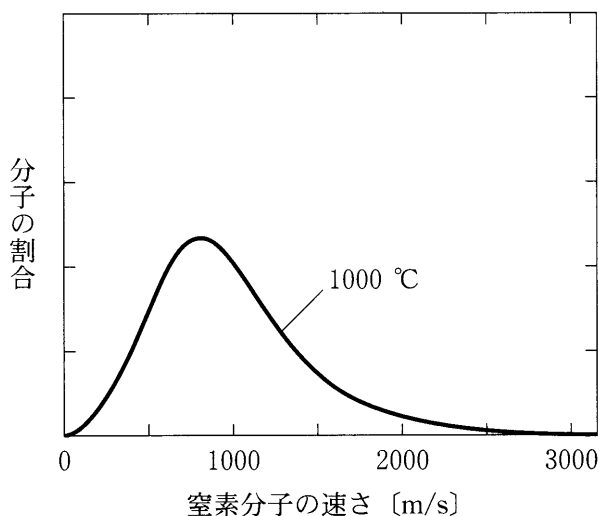
5

図のようなガラス管の両端にある小さな孔を通して、同じ条件で塩化水素（化学式  $\text{HCl}$ ）とアンモニア（化学式  $\text{NH}_3$ ）のガスを拡散させると、管の中の C 点で白い膜状の物質が生成したことが観察され、塩化アンモニウム（化学式  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ）が生成したと分かる。図における  $a:b$  を簡単な整数比（概算値）で求めよ。原子量を  $\text{H}=1$ 、 $\text{N}=14$ 、 $\text{Cl}=35.5$  とする。



6

下図は  $1000^\circ\text{C}$  における、気体の窒素分子の速さとその速さをもった分子の割合との関係を表したものである。気体の温度が  $0^\circ\text{C}$  と  $2000^\circ\text{C}$  の場合の関係は、 $1000^\circ\text{C}$  の場合と比較してどのようになるか。その概略を図中に記入せよ。



## 受験化学演習コース春期入会のための問題

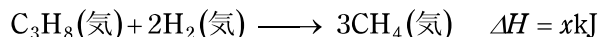
「受験化学演習コース」は、化学の基礎事項についてほぼ理解している方を対象に、大学入試問題を用いた問題演習を行いながら実的な力を完成させていくコースです。4月からの1学期の授業で「理論化学」を、夏期講習で「無機化学」「有機化学」を完成させます。

「受験化学演習コース」を受講する場合は、特に理論化学の基礎事項は理解しておく必要があります。下記の小問題 1~12 に答えてみてください。理論化学の演習の予習が可能であるかという自己診断問題です。自分で勉強してきた資料や参考書を紐解きながら解いてもらってかまいませんし、その方が良いでしょう。覚えているかどうかではなく「分かっているかどうか」を確認することが目的の問題だからです。

うまく解答できない問題の割合が4割を超えたという実感をお持ちになった場合は「受験化学速修コース」で基礎講義から受講されることをお勧めします。6割以上解答できた場合は「受験化学演習コース」をお勧めします（なお、6割に近い出来でとどまる場合はご相談ください）。

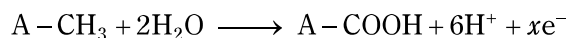
### 1 【理論化学】

C-C（炭素間単結合）の結合エネルギーが 348 kJ/mol，C-H（炭素水素間単結合）の結合エネルギーが 410 kJ/mol，H-H（水素間単結合）の結合エネルギーが 436 kJ/mol であるとして、次の反応のエンタルピー変化  $\Delta H$  の値  $x$  を求めよ。



### 2 【理論化学】

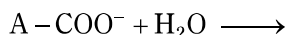
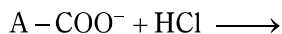
化学物質 A-CH<sub>3</sub> がある（Aはこの問題には関わらない部分構造であり、CH<sub>3</sub>の部分と単結合している）。この物質は次の半反応式（イオン反応式）のように酸化される。



この半反応式で酸化数の変化した元素と反応の前後の酸化数をそれぞれ示せ。また、 $x$  に適切な数値を答えよ。さらに、硫酸酸性過マンガン酸カリウムを酸化剤に用いたとして全反応式（電子を含まない反応式）を完成させよ。

3 【理論化学】

カルボン酸  $A-COOH$ （前問同様  $A$  はこの問題には関わらない部分構造）は一般に弱酸であり、水溶液中での電離度は小さい。そのため、そのイオンは塩基としての働きを示すことができる。次の二つの反応式を完成させよ。



4 【理論化学】

容積および温度が一定である容器に、酸素  $5\text{mol}$ ・窒素  $2\text{mol}$ ・アルゴン  $3\text{mol}$  の 3 種の気体を封入した。このとき、容器内の気体の圧力は  $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$  であった。それぞれの分圧を求めよ。また、この容器にヘリウムを追加すると圧力が  $1.4 \times 10^5 \text{Pa}$  となった。封入したヘリウムの物質量を答えよ。

5 【理論化学】

ある金属元素  $X$  の結晶がある。その結晶の構造を調べたところ面心立方格子であり、単位格子の一辺の長さは  $0.566\text{nm}$  であった。このとき  $X$  の金属結合半径を答えよ。

6 【理論化学】

$0.10 \text{mol/L}$  水酸化ナトリウム水溶液  $10 \text{mL}$  に、 $0.20 \text{mol/L}$  塩化水素水溶液  $10 \text{mL}$  を加えた。このときの  $\text{pH}$  を求めよ。ただし、 $\log_{10} 2 = 0.30$  とする。

7 【理論化学】

$0.10 \text{mol/L}$  酢酸水溶液の  $\text{pH}$  を求めよ。酢酸の電離定数（酸解離定数・平衡定数の一種）を  $2.0 \times 10^{-5} \text{mol/L}$ 、 $\log_{10} 2 = 0.30$  とする。

8 【理論化学】

塩化ナトリウム水溶液を電気分解することを考える。陽極には炭素棒を陰極には白金を用いる。 $1.34\text{A}$  の電流で  $2.0$  時間電気分解したとする。

- (1) 各極板での反応を電子を含む反応式で示せ。
- (2) 通電された電気量を電流値と通電時間から計算せよ。
- (3) ファラデー定数を  $9.65 \times 10^4 \text{C/mol}$  とすると、(2)で求めた電気量は何モルの電子の通電に相当するか。
- (4) 陽極で発生する気体の体積を答えよ。但し体積の測定条件は  $0^\circ\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ （気体の標準状態）であるとする。

9 【理論化学】

化学反応  $2\text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$  による濃度の時間変化を次のように測定した。測定時刻 0s における二酸化窒素および酸素の濃度は 0 であったとする。

測定時刻	$\text{H}_2\text{O}_2$ の濃度 (mol/L)
0 min	0.542
1.0 min	0.497
4.0 min	0.384

- (1) 時刻 0~1 min における過酸化水素の濃度変化から反応速度を計算せよ。
- (2) 時刻 1~4 min における過酸化水素の濃度変化から反応速度を計算すると、この値は(1)の値より小さい。この理由を説明せよ。

10 【理論化学】

可逆反応  $2\text{H}_2 + \text{S}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{S}$  は、しばらくすると平衡状態に至る反応である。各成分の体積モル濃度を  $[\text{H}_2]$ ,  $[\text{S}_2]$ ,  $[\text{H}_2\text{S}]$  と表すとして以下の間に答えよ。

- (1) 正反応の反応速度定数を  $k_1$  として正反応の反応速度式を示せ。
- (2) 逆反応の反応速度定数を  $k_2$  として正反応の反応速度式を示せ。
- (3)  $2\text{H}_2 + \text{S}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{S}$  の化学平衡の法則を表す式を  $k_1$ ,  $k_2$  を用いて表せ。

11 【理論化学】

可逆反応  $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$  は、しばらくすると平衡状態に至る反応であり、この反応の右向きエンタルピー変化は  $\Delta H = -89\text{kJ}$  である。

- (1) 温度を上げたときに平衡はどちらにかたよるか。法則名もつけて説明せよ。
- (2) 全体を圧縮したときに平衡はどちらにかたよるか。法則名もつけて説明せよ。

12 【理論化学】

難溶性塩類を水に過剰に加えると、沈殿と希薄溶液で平衡に至る。このとき、溶解しているイオンの濃度積は溶解度積と呼ばれる値に等しくなることが知られている。例えば、難溶性塩類である塩化銀（化学式  $\text{AgCl}$ ）が沈殿と希薄溶液で平衡に至っているとき、 $[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 1.0 \times 10^{-10} \text{ mol}^2/\text{L}^2$  が成立する。

- (1) 純水に塩化銀を十分量投入してかき混ぜて平衡に至ったとき、銀イオンの濃度を求めよ。
- (2) 1.0 mol/L 塩化ナトリウム水溶液に塩化銀を十分量投入してかき混ぜて平衡に至ったとき、銀イオンの濃度を求めよ。