

令和 5 年度 A O 入 試 問 題 集 (工学部)

公表期限：2026 年 3 月末

東北大学アドミッション機構

令和5年度（2023年度） 東北大学工学部

AO入試（総合型選抜）Ⅱ期

筆記試験①

問題冊子

（9：30～10：30，60分）

注意事項

1. 机の上には，受験票，黒鉛筆（シャープペンシルも可），消しゴム，鉛筆削り，時計，メガネの他は置いてはいけません。これ以外のものはかばん等に入れて椅子の下（床面）に置いてください。時計のアラームは使用しないでください。（目薬等も机の上に置いてはいけません。）
2. 携帯電話等を持っている人は，監督者の指示に従ってください。
試験中に携帯電話等を身につけていることが発覚した場合は，不正行為の疑いがあるとみなし，その機器を預かります。
3. 試験開始の合図があるまで，問題冊子を開かないでください。
4. 試験開始の合図の直後に，問題冊子，解答用紙，下書き用紙に印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等がないか確認してください。
5. 最初に，解答用紙のすべてに受験記号番号を忘れずに記入してください。
6. 解答用紙はホッチキスで留めてあります。ホッチキス留めを外さないでください。
7. 解答用紙は書き損じても，破れても交換しませんので注意してください。
8. 下書き用紙は使用してもしなくても構いません。
9. 問題冊子，下書き用紙は持ち帰ってください。
10. 試験終了後，解答用紙の1ページ側が一番上になるように机の上に置き，提出もれがないように確認してください。

---このページは白紙---

次の英文を読んで以下の設問に答えなさい。なお解答に字数の制限がある場合、句読点、数字、アルファベット、記号も1字として数えること。

1. How bad are *incandescent light bulbs for the environment

Keeping the world lit with artificial lighting comes with significant environmental impacts. About 15 percent of global electricity consumption and five percent of greenhouse gas (GHG) emissions worldwide can be attributed to lighting alone. The use of artificial light at night also contributes to light pollution in the environment, which can disrupt the behavior of wildlife and contribute to insect *biodiversity loss.

To conserve energy, the practice of turning the lights off when they're not in use is often recommended. A) However, it's not that simple. The energy required to light the room largely depends on the type of bulb. Incandescent light bulbs—the least efficient type of lighting—should always be turned off when they aren't needed. Meanwhile, compact *fluorescent light bulbs (CFL), which are more affected by the number of times they are switched on and off, should only be turned off when leaving the room for more than 15 minutes.

Although switching lights off may help reduce energy use, switching to light-emitting diodes (LED)—today's most energy-efficient lighting technology—may be even better in the long run. Compared to tungsten filament in incandescent bulbs or mercury vapor in CFLs, diodes require less electricity to produce a light output, thereby using less energy and lasting longer than other lighting options. Here's why making the switch to energy-efficient lighting carries environmental and economic benefits.

2. Incandescent bulbs aren't very energy-efficient

The biggest environmental issue with incandescent bulbs is low energy efficiency. Only two to three percent of the electricity powering the bulb actually is converted to visible light, says Matthew J. Eckelman, assistant professor of civil and environmental engineering at Northeastern University. For an incandescent bulb to work, the tungsten filament inside must be heated to the point that it glows. These kinds of bulbs aren't efficient because the rest of the electrical power supplied to the bulb that isn't converted to visible light is lost as heat.

"Incandescent bulbs use more energy and produce more heat due to their engineering designs," says Paul Foote, energy efficiency and conservation specialist at the University of Illinois at Urbana-Champaign. It's important to shift to more energy-efficient alternatives to reduce the environmental impacts of incandescent bulbs from the *utilization of fossil fuels for electricity, he added.

Other lighting technologies are a more efficient option. For instance, CFLs and LEDs use about 75 percent and 90 percent less energy than incandescent light bulbs respectively. Compared to incandescent bulbs, these higher-efficiency alternatives use more electricity for the production of light, not heat.

If every household in the country replaced one incandescent light bulb with a CFL bulb, it would save enough energy annually to prevent GHG emissions equivalent to what 800,000 cars would produce. (ア) that LEDs are (イ) energy-efficient (ウ) CFLs, their (エ) may (オ) GHG emissions (カ) further.

"This matters because 60 percent of the electricity in the US is still generated from fossil fuels, with their attendant emissions of greenhouse gasses and harmful air pollutants, such as *particulate

matter,” says Eckelman. “Air pollution from the energy system causes one in five deaths worldwide, but reducing demand for electricity through energy efficiency helps to lessen this health burden.”

According to a 2017 study published in *Environmental Research Letters*, if a household uses incandescent bulbs for more than three hours a day on average, it may be optimal to upgrade by replacing them immediately with CFLs or LEDs. If it’s being used for only about 1/7th of an hour, it’s better to keep the incandescent bulb and replace it with an LED bulb the following year. With the use of a model, the authors determined the best point to retire a lamp that is in working condition to obtain an optimal replacement policy among all the possible upgrade scenarios.

B) Switching to energy-efficient light bulbs in the household not only minimizes the environmental impact of inefficient lighting, but also illuminates the home with the same amount of light for fewer environmental and economic costs.

3. New bulb rules will reduce carbon emissions and save money

Last week, the U.S. Department of Energy (DOE) adopted a new rule implementing a minimum standard of 45 *lumens per watt for light bulbs. This essentially phases out older, high-energy incandescent light bulbs, which don’t meet the criteria at 15 lumens per watt.

By *mandating a minimum light output or lumens per watt, manufacturers make sure all bulbs can effectively light up a room, which ensures that consumers will avoid overusing energy with substandard bulbs to get the same level of brightness, says Foote. “When upgrading from incandescent bulbs to LEDs, we have noticed a 60 percent decrease in energy consumption on average, and therefore energy cost avoidance has reduced our utility bill by similar amounts for lighting,” he adds.

Once the new rule from the DOE is fully implemented next year, consumers are expected to save nearly \$3 billion per year on their utility bills. Moreover, they don’t have to buy bulbs as frequently as they used to because energy-efficient bulbs last much longer than incandescent ones.

“Incandescent bulbs have shorter lifetimes compared to other lighting technologies like fluorescents or LEDs that can last 10 to 50 times longer,” says Eckelman. “This means that consumers won’t have to replace bulbs as often. Typical incandescent bulbs operate at about 15 lumens per watt, so the standard represents a tripling of energy efficiency at a minimum and electricity for lighting will decrease by at least two-thirds.”

About 222 million metric tons of carbon emissions are projected to be slashed over the next 30 years thanks to the new rule. Still, ensuring that everyone has access to affordable energy-efficient bulbs is a crucial step.

According to a 2018 study published in *Applied Energy*, energy-efficient light bulbs are less available and more expensive in high-poverty areas and smaller stores. The cost to upgrade from incandescent to LED lighting was also found to be twice as high in higher-poverty areas. Equitable access to affordable energy-efficient lighting across all populations is *paramount as the nation transitions to more efficient energy use.

With the new rules from the DOE, energy-efficient bulbs will become the norm, which should improve access, says Eckelman. Since 2008, the price of LED bulbs dropped by almost 90 percent. Although the upfront cost of LEDs remains higher than incandescents, households can still end up saving between \$50 to \$150 per bulb, depending on local electricity prices, he adds.

“In order to lessen the burden of this transition, though, many states run energy efficiency

programs, often funded by utilities themselves, that provide LEDs and other energy-efficient technologies at a discount,” says Eckelman. “*Ramping up these sorts of programs and increasing outreach efforts in lower-income areas will certainly help.”

(From "How bad are incandescent light bulbs for the environment?" BY CARLA DELGADO, Popular Science. Copyright © 2022 Recurrent. All rights reserved. Reproduced by permission of Wright's Media, LLC as agent for Recurrent Ventures Inc.)

(注)

*incandescent light bulb : 白熱灯

*biodiversity : 生物多様性

*fluorescent light bulb : 蛍光灯

*utilization : 利用

*particulate matter : 微粒子状物質

*lumen : ルーメン(光束の単位、照明器具における明るさの単位)

*mandate : 義務化する

*paramount : 最も重要な

*ramp up : 増やす

- 問 1 下線部 A)の理由を 1. How bad are incandescent light bulbs for the environment の節の中から 150 字以内の日本語で答えなさい。
- 問 2 空欄(ア)～(カ)のそれぞれに入る語として最も適切なものを、以下の選択肢から選び番号で答えなさい。ただし、同じ選択肢を複数回用いないこと。なお文頭の空欄(ア)に入る語もすべて小文字で表記してある。
- ① even ② given ③ reduce ④ use ⑤ more ⑥ than
- 問 3 下線部 B)を日本語に訳しなさい。
- 問 4 なぜ白熱灯と比較して蛍光灯や発光ダイオード(LED)が良いのか、エネルギー効率と耐久性の観点から本文の内容に即して日本語で答えなさい。
- 問 5 発光ダイオード(LED)は環境負荷が少なく、長期利用の経済的観点では効率的な照明であるにもかかわらず普及が進んでいない。普及を進めるためにとられている政策を 2 つ、本文の内容に即して日本語で答えなさい。
- 問 6 発光ダイオード(LED)のような環境負荷の少ない科学技術を世の中に広めるためには、社会状況や政策そして製品の製造から廃棄に至るまでのライフサイクル全体を含めた観点など、科学技術の優位性以外からもアプローチしなければならない。それを踏まえ本文以外の科学技術を 1 つあげ、その技術的優位性を述べると共に普及させるのに必要となる科学技術の優位性以外の観点について、あなたの考えを 300 字以内の日本語で述べなさい。

令和5年度(2023年度) 東北大学工学部

AO入試(総合型選抜)Ⅱ期

筆記試験②

問題冊子

(11:20~12:20, 60分)

注意事項

1. 机の上には、受験票、黒鉛筆(シャープペンシルも可)、消しゴム、鉛筆削り、時計、メガネの他は置いてはいけません。これ以外のものはかばん等に入れて椅子の下(床面)に置いてください。時計のアラームは使用しないでください。(目薬等も机の上に置いてはいけません。)
2. 携帯電話等を持っている人は、監督者の指示に従ってください。
試験中に携帯電話等を身につけていることが発覚した場合は、不正行為の疑いがあるとみなし、その機器を預かります。
3. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないでください。
4. 試験開始の合図の直後に、問題冊子、解答用紙、下書き用紙に印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等がないか確認してください。
5. 最初に、解答用紙のすべてに受験記号番号を忘れずに記入してください。
6. 解答用紙はホッチキスで留めてあります。ホッチキス留めを外さないでください。
7. 解答用紙は書き損じても、破れても交換しませんので注意してください。
8. 下書き用紙は使用してもしなくても構いません。
9. 問題冊子、下書き用紙は持ち帰ってください。
10. 試験終了後、解答用紙の1ページ側が一番上になるように机の上に置き、提出もれがないように確認してください。

――このページは白紙――

【 問題 I 】

$x = 3\sin\theta$, $y = 3\sin 2\theta$ で表される曲線について以下の問に答えよ.
ただし, $0 \leq \theta < 2\pi$ とする.

問 1 この曲線を θ を用いずに x と y で表せ.

問 2 この曲線の $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$ におけるグラフを xy 平面上に描け.

問 3 この曲線を xy 平面上に描け.

問 4 この曲線で囲まれる部分の面積 S を求めよ.

問 5 この曲線上の点 A を考え, その x 座標を x_a とする. 点 A における接線が座標軸と交わる時, その座標をすべて示せ. なお, $0 < x_a \leq 3$ とする.

【問題II】

xy 平面上で1辺の長さが1の正六角形 $P_0P_1P_2P_3P_4P_5$ を考える. ただし, P_0 を原点に, P_1 の x 座標を正に, P_3 を y 軸上の正の部分にとる. 以下の問に答えよ.

問1 ベクトル $\overrightarrow{P_0P_1} = \vec{a}, \overrightarrow{P_0P_5} = \vec{b}$ とする.

(a) $\overrightarrow{P_1P_2}, \overrightarrow{P_2P_3}, \overrightarrow{P_3P_4}, \overrightarrow{P_4P_5}$ を $\vec{a}, \vec{b}$ を用いて表せ.

(b) $\vec{a}, \vec{b}$ を成分表示せよ.

問2 n を自然数, 実数 r を媒介変数として, 次のベクトルを考える.
ただし, $0 < r < 1$ とする.

$$\begin{aligned} \overrightarrow{OT_1} &= \overrightarrow{P_0P_1} + r \overrightarrow{P_1P_2} + r^2 \overrightarrow{P_2P_3} + r^3 \overrightarrow{P_3P_4} + r^4 \overrightarrow{P_4P_5} + r^5 \overrightarrow{P_5P_0}, \\ \overrightarrow{OT_2} &= \overrightarrow{P_0P_1} + r \overrightarrow{P_1P_2} + r^2 \overrightarrow{P_2P_3} + r^3 \overrightarrow{P_3P_4} + r^4 \overrightarrow{P_4P_5} + r^5 \overrightarrow{P_5P_0} \\ &\quad + r^6 \overrightarrow{P_0P_1} + r^7 \overrightarrow{P_1P_2} + r^8 \overrightarrow{P_2P_3} + r^9 \overrightarrow{P_3P_4} + r^{10} \overrightarrow{P_4P_5} + r^{11} \overrightarrow{P_5P_0}, \\ &\quad \vdots \\ \overrightarrow{OT_n} &= \overrightarrow{P_0P_1} + r \overrightarrow{P_1P_2} + r^2 \overrightarrow{P_2P_3} + r^3 \overrightarrow{P_3P_4} + r^4 \overrightarrow{P_4P_5} + r^5 \overrightarrow{P_5P_0} \\ &\quad + r^6 \overrightarrow{P_0P_1} + r^7 \overrightarrow{P_1P_2} + r^8 \overrightarrow{P_2P_3} + r^9 \overrightarrow{P_3P_4} + r^{10} \overrightarrow{P_4P_5} + r^{11} \overrightarrow{P_5P_0} \\ &\quad + \dots \\ &\quad + r^{6n-6} \overrightarrow{P_0P_1} + r^{6n-5} \overrightarrow{P_1P_2} + r^{6n-4} \overrightarrow{P_2P_3} + r^{6n-3} \overrightarrow{P_3P_4} + r^{6n-2} \overrightarrow{P_4P_5} + r^{6n-1} \overrightarrow{P_5P_0} \\ &= (x_n, y_n) \end{aligned}$$

(a) $x_n = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \frac{1-r^{6n}}{1-r+r^2} (1-r)$ および $y_n = \frac{1}{2} \cdot \frac{1-r^{6n}}{1-r+r^2} (1+r)$ を示せ.

(b) $\lim_{n \rightarrow \infty} x_n$ と $\lim_{n \rightarrow \infty} y_n$ を r を用いて表せ. また, $\lim_{r \rightarrow 1-0} \left(\lim_{n \rightarrow \infty} x_n \right)$ と $\lim_{r \rightarrow 1-0} \left(\lim_{n \rightarrow \infty} y_n \right)$ を求めよ.

(c) $r = -1 + \sqrt{3}$ のとき, $\lim_{n \rightarrow \infty} x_n$ および $\lim_{n \rightarrow \infty} y_n$ を求めよ.

(d) $0 < r < 1$ に対して, 点 $\left(\lim_{n \rightarrow \infty} x_n, \lim_{n \rightarrow \infty} y_n \right)$ の軌跡を xy 平面上に図示せよ.

令和5年度（2023年度） 東北大学工学部

AO入試（総合型選抜）Ⅱ期

筆記試験③

問題冊子

（13：50～14：50，60分）

注意事項

1. 机の上には、受験票、黒鉛筆（シャープペンシルも可）、消しゴム、鉛筆削り、時計、メガネの他は置いてはいけません。これ以外のものはかばん等に入れて椅子の下（床面）に置いてください。時計のアラームは使用しないでください。（目薬等も机の上に置いてはいけません。）
2. 携帯電話等を持っている人は、監督者の指示に従ってください。
試験中に携帯電話等を身につけていることが発覚した場合は、不正行為の疑いがあるとみなし、その機器を預かります。
3. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないでください。
4. 試験開始の合図の直後に、問題冊子、解答用紙、下書き用紙に印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等がないか確認してください。
5. 最初に、解答用紙のすべてに受験記号番号を忘れずに記入してください。
6. 解答用紙はホッチキスで留めてあります。ホッチキス留めを外さないでください。
7. 解答用紙は書き損じても、破れても交換しませんので注意してください。
8. 下書き用紙は使用してもしなくても構いません。
9. 問題冊子、下書き用紙は持ち帰ってください。
10. 試験終了後、解答用紙の1ページ側が一番上になるように机の上に置き、提出もれがないように確認してください。

――このページは白紙――

【 問題 I 】

xy 平面において、点波源から発生する波を観測することを考える．波の周期を T ，波長を λ ，波の伝わる速さを v とする．波は横波であり、点波源から球面波として伝わる．以下の問に答えよ．

問 1 図 1 に示すように、2つの点波源 S_1 、 S_2 から発生する球面波を点 P で観測する．点波源 S_1 の波の発生から $1/2$ 周期だけ遅れて、点波源 S_2 から波を発生させた．観測点 P において 2 つの波が干渉し強め合うために、 $|r_2 - r_1|$ が満たすべき条件を求めよ． r_1 、 r_2 はそれぞれ点波源 S_1 、 S_2 から観測点 P までの距離である．ただし、点波源 S_1 、 S_2 から発生する球面波の伝わる速さと振動数はそれぞれ同じであり、どちらの球面波も発生直後は波の変位が正方向に変化するものとする．

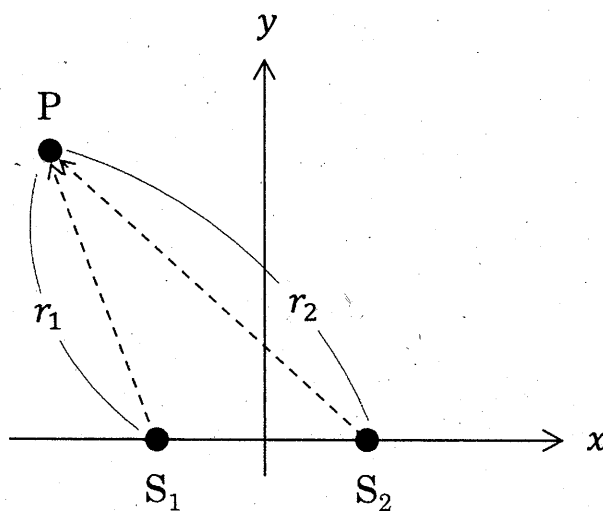


図 1

問2 図2に示すように、点波源Sから発生する球面波を点 P_1 , P_2 で観測する。時間 $t = 0$ に点波源Sから波を発生させた。観測点 P_1 , P_2 で観測される波の変位 A_1 , A_2 の時間変化としてもっとも適切なものを、図3の(1)~(4)から選び、番号で答え、その理由を述べよ。ただし、 r_1 , r_2 はそれぞれ点波源Sから観測点 P_1 , P_2 までの距離であり、 $r_1 < r_2$ である。

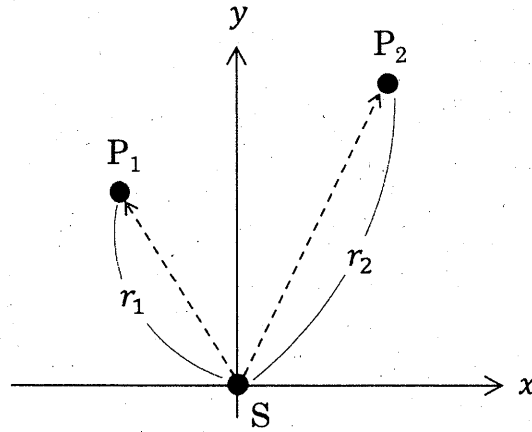


図2

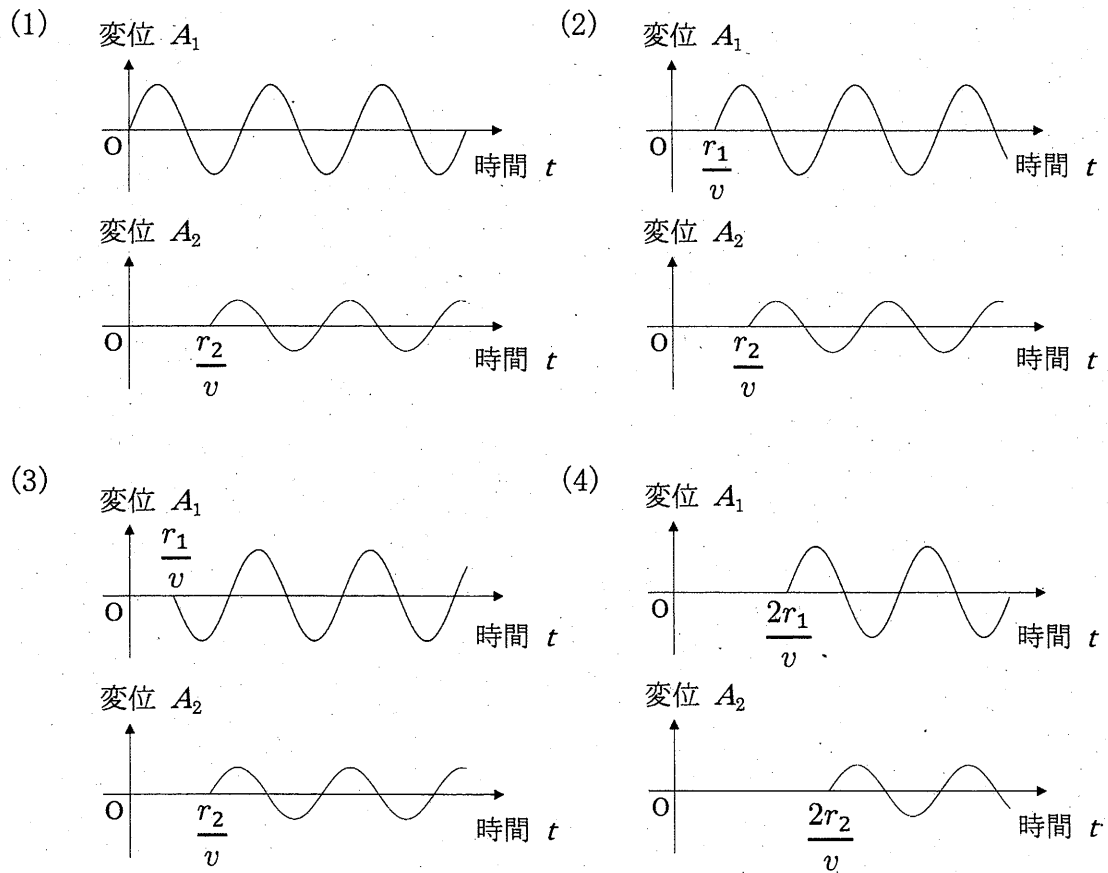


図3

問 3 複数の観測点を用いて、点波源 S の位置を推定する．図 4 に示すように、点波源 S は xy 平面内の第 4 象限に存在し、4 つの観測点 P_1, P_2, P_3, P_4 はそれぞれ、第 1, 第 2, 第 3, 第 4 象限に配置されているとする．線分 P_1P_2 の中心から点波源 S の向きと y 軸の負の向きとのなす角度は θ_1 、線分 P_3P_4 の中心から点波源 S の向きと y 軸の正の向きとのなす角度は θ_2 である．波の伝わる速さは $v = 2.0 \text{ m/s}$ 、 x 軸から各観測点の距離は $r = 10 \text{ km}$ 、 P_1P_2 ならびに P_3P_4 の観測点間距離は d である．ただし、各観測点から見て、点波源 S は十分に遠方にあるため、各観測点付近では波を平面波とみなす．また、必要であれば $\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$ として計算せよ．次の(a), (b)に答えよ．

- (a) 観測点 P_1, P_2 で観測される波の変位の時間変化を調べた．観測点間距離が $d = 4.0 \text{ m}$ のときに、観測点 P_2 は、観測点 P_1 と比べてちょうど 1.0 秒遅れて波を観測した．角度 θ_1 を求めよ．
- (b) 観測点 P_3, P_4 で観測される波の変位の時間変化を問 3(a)と同様に観測した結果、 $\theta_2 = 45^\circ$ と求められた．点波源 S の座標 (x_S, y_S) を求めよ．

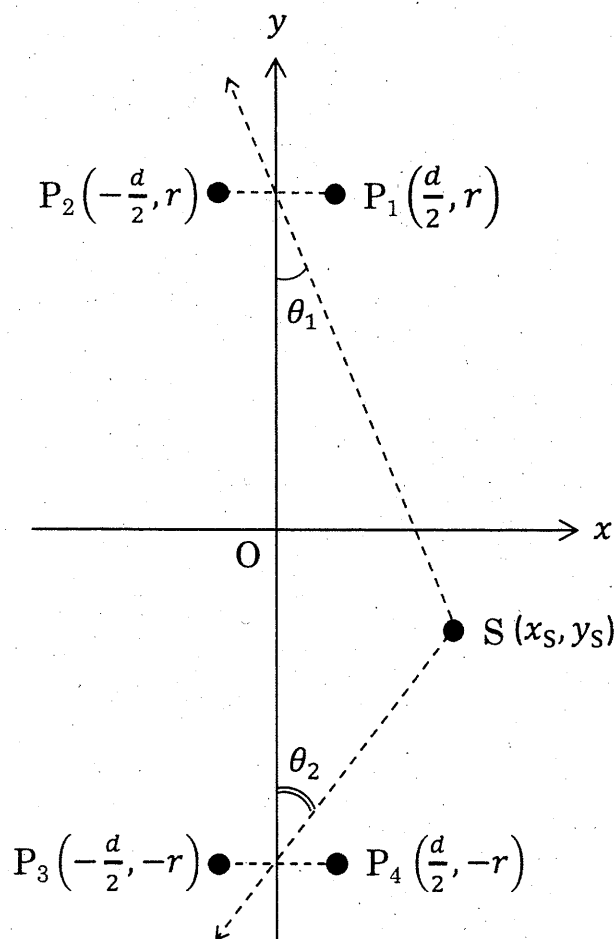


図 4

【問題Ⅱ】

図1に示すように、質量 M の台を摩擦のない水平な床の上に置いた。台の上面は、水平面と一定の角度 θ をなす斜面 AB 、曲面 BC と半径 R の円弧面 CD からなり、曲面 BC は点 B および点 C で斜面 AB と円弧面 CD と滑らかに接合されているものとする。

台を床に対して静止させた状態で、大きさが無視できる質量 m の物体を斜面 AB 上の点 P に置いた後、静かに手をはなすと物体と台は動き出し、その後、物体は円弧面上のある点から飛び出した。台の上面と物体との間に摩擦ははたらかないとして、台と物体の運動について考える。

点 O を座標の原点にとり、図の水平右向きを x 軸の正方向、鉛直上向きを y 軸の正方向とし、 x 軸、 y 軸および床は動かないものとする。物体から手を放す前の点 P の x 座標を 0 、 x 軸からはかった点 P の高さを h 、重力加速度の大きさを g とする。また、円弧面 CD の中心角は $\angle CO'D = 90^\circ$ であるとする。任意の時刻における物体の加速度の x 成分を a_x 、 y 成分を a_y 、台の加速度の x 成分を a_s として以下の問に答えよ。ただし加速度は全て床に対するものとする。

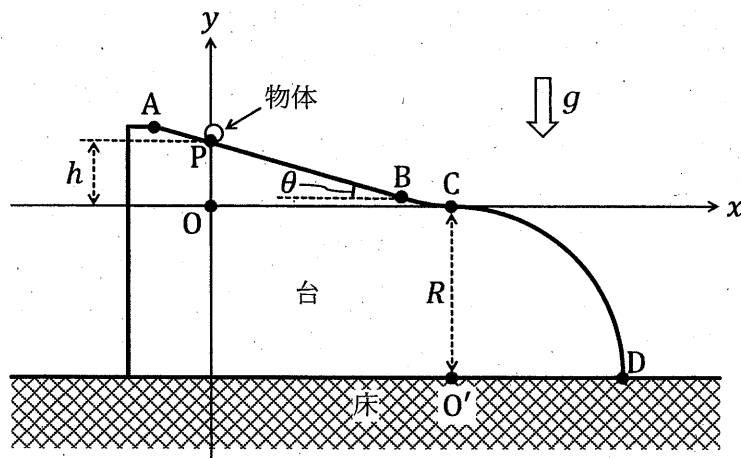


図1

問1 物体が斜面 AB 上を運動する任意の時刻において、物体が斜面 AB から受ける抗力の大きさを N とするとき、次の(a)から(c)に答えよ。

(a) a_x , a_y , a_s を m , M , θ , g , N の中から必要なものを用いて表せ。

(b) 物体が斜面 AB 上を離れずに運動するとき、 $\frac{-a_y}{a_x - a_s} = \tan \theta$ が成り立つ。この式を導出せよ。

(c) 物体が斜面 AB から受ける抗力の大きさ N を m , M , θ , g の中から必要なものを用いて表し、物体と台が床に対して水平方向にどのような運動をするか述べよ。

- 問 2 物体が点 C に到達した時の物体の速度 $\vec{v}_0$ および台の速度 $\vec{V}_0$ の, x 成分および y 成分をそれぞれ m, M, g, h, θ の中から必要なものを用いて表せ.
- 問 3 物体は点 C を通過後, 円弧面に沿って運動しはじめた. 点 C を通過直後に物体が台から受ける抗力の大きさ N_0 を m, M, g, h, θ, R の中から必要なものを用いて表せ.
- 問 4 物体が円弧面から飛び出した直後の台の加速度の x 成分 a_s を求め, その後, 台が床に対して水平方向にどのような運動をするか述べよ.

令和5年度（2023年度） 東北大学工学部

AO入試（総合型選抜）Ⅱ期

筆記試験④

問題冊子

（15：40～16：40，60分）

注意事項

1. 机の上には、受験票、黒鉛筆（シャープペンシルも可）、消しゴム、鉛筆削り、時計、メガネの他は置いてはいけません。これ以外のものはかばん等に入れて椅子の下（床面）に置いてください。時計のアラームは使用しないでください。（目薬等も机の上に置いてはいけません。）
2. 携帯電話等を持っている人は、監督者の指示に従ってください。
試験中に携帯電話等を身につけていることが発覚した場合は、不正行為の疑いがあるとみなし、その機器を預かります。
3. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないでください。
4. 試験開始の合図の直後に、問題冊子、解答用紙、下書き用紙に印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等がないか確認してください。
5. 最初に、解答用紙のすべてに受験記号番号を忘れずに記入してください。
6. 解答用紙はホッチキスで留めてあります。ホッチキス留めを外さないでください。
7. 解答用紙は書き損じても、破れても交換しませんので注意してください。
8. 下書き用紙は使用してもしなくても構いません。
9. 問題冊子、下書き用紙は持ち帰ってください。
10. 試験終了後、解答用紙の1ページ側が一番上になるように机の上に置き、提出もれがないように確認してください。

――このページは白紙――

【 問題 I 】

近年、アスタチン (At) という元素を用いた新たながん治療法の開発が進められている。この治療法では、A)がん組織中に投与した ^{211}At から放出される α 線 (^4He の原子核) が、がん細胞に直接作用する。ところが、この元素は安定でないため、人工的に合成する必要がある。これには、B)加速器施設において、核反応を用いて ^{211}At を合成した後、これを分離し、薬剤へ導入すること が必要となる。そのため、その特性について考えてみる。なお、表 1 に元素の周期表の一部を示す。以下の問に答えよ。必要に応じて次の数値を用いよ。

表 1 周期表の一部

					18
13	14	15	16	17	He
B	C	N	O	F	Ne
Al	Si	P	S	Cl	Ar
Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn

原子量 : Cs = 133, At = 211

数値 : $\sqrt{2}=1.41$, $\sqrt{3}=1.73$, $\sqrt{5}=2.24$, $(3.82)^2=14.6$, $(3.82)^3=55.7$, $(3.82)^4=213$

アボガドロ数 : 6.02×10^{23}

問 1 下線部 A)の核反応で、 ^{211}At は α 線を放出して他の元素に変化する。このとき生じる原子核を ^{211}At という表記にならって答えよ。また、そのように答えた理由を記せ。

問 2 下線部 B)の過程で、水溶液中でアスタチンから生じるイオンをイオン交換樹脂を用いて分離する。アスタチンから生じた n [mol] のイオンがイオン交換樹脂で n [mol] のイオン X とイオン交換した。イオン X として最もふさわしいものを選択肢 1) ~ 4)より選んで番号で答えよ。また、その選択肢を選んだ理由を記せ。

1) H^+ 2) OH^- 3) SO_4^{2-} 4) Ca^{2+}

問 3 下線部 B)に関連して、蒸留による分離も手法の一つである。17 族元素の沸点の傾向を考慮し、単体のアスタチン (At_2) とヨウ素 (I_2) のいずれがより高い沸点を有するか答えよ。また、その理由を 20 字程度で記せ。

問4 アスタチンとヨウ素から構成される一ヨウ化アスタチン (AtI) 分子の極性について、次の語句を全て用いて説明せよ。

〔語句〕

共有電子対, $\delta+$, $\delta-$

問5 アスタチン化物イオンのイオン半径を知りたい。そのために、セシウム (Cs) との間に CsAt というイオン結晶を合成し、X 線回折で結晶構造を明らかにし、イオン半径を求めるという手法が考えられる。この結晶の構造が塩化セシウム型構造をとると仮定し、単位格子は一辺の長さが 0.382 nm の立方体であるとした場合に、以下の(a)~(c)に答えよ。

(a) セシウムイオンに対するアスタチン化物イオンの配位数を答えよ。

(b) この結晶の密度 $[\text{g}/\text{cm}^3]$ を計算し、有効数字 3 桁で答えよ。

(c) セシウムイオンのイオン半径が 0.167 nm である場合のアスタチン化物イオンのイオン半径 $[\text{nm}]$ を求め、有効数字 3 桁で答えよ。

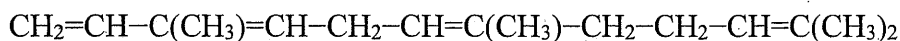
【 問題Ⅱ 】

次の文章を読み、以下の問に答えよ。ただし、原子量は $H=1.0$, $C=12$, $O=16$ として計算せよ。

航空機で使われるジェットエンジンは、エンジン内部に噴射される燃料を、エンジン前方から供給される空気で連続的に燃焼させ、燃焼後のガスを後方に噴き出すことで推進力を得る。エンジン内部には金属製の精密な機構が収められており、それらは過酷な条件にさらされる一方、上空でエンジン動作中にトラブルが発生すると致命的な大事故につながりかねない。ジェットエンジンの安定した動作のため、用いる燃料、すなわちジェット燃料には厳格な規格が設定されている。ジェット燃料に要求される特性としては、重量当たりの大きな燃焼熱、適切な沸点範囲、上空の低温（例えば -40°C ）でも固体が析出しない低温特性、燃焼時にすすなど固体が発生しないこと、長期保管時および高温での安定性、金属への低い腐食性があげられる。

これらの条件に合致するのは、炭素数が 10 から 15 程度の範囲の A) 直鎖でない飽和炭化水素である。芳香族炭化水素は（ア）が、鎖式不飽和炭化水素は植物油で起きる現象と似て（イ）が、直鎖飽和炭化水素は（ウ）が問題となるため、これらの含有率が高いものはジェット燃料としては適さない。B) 含酸素化合物は全般に炭化水素に比べて燃焼熱が小さく、また種類によっては安定性やC) 腐食性の問題も起きるため、やはりジェット燃料としては適さない。硫黄やハロゲンは燃焼ガスの腐食性が、金属イオン等は燃焼時の固体の生成が大きな問題となるため含有されるべきではない。

ジェット燃料は現在石油から製造されているが、石油の枯渇への対策および二酸化炭素排出量削減を目的に、生物由来の再生可能資源からジェット燃料を得る試みがなされている。その一つに、ある種の微生物が産生するファルネセンという物質の利用がある。ファルネセンの分子式を下に示す。ファルネセンの炭素鎖は、単結合と多重結合の区別を無視して考えた場合、同じく生物由来である（エ）を構成する（オ）の部分構造とみなすことができる。ただし、ファルネセンは不飽和であるためそのままではジェット燃料の主成分としては利用できず、白金等の触媒を用いて（カ）を行う必要がある。



ファルネセンの分子式

- 問1 下線部 A) について、直鎖でない飽和炭化水素とは、分岐または環構造がある飽和炭化水素を意味する。直鎖でない飽和炭化水素で炭素数が 4 である化合物をすべてあげ、化合物名で答えよ。
- 問2 空欄（ア）～（ウ）に当てはまる語句をそれぞれ次の選択肢 1)～4) から選び、番号で答えよ。

- 1) 低温特性
- 2) すすの発生
- 3) 安定性
- 4) 腐食性

問3 下線部 B) について，トリデカン $C_{13}H_{28}$ とドデシルメチルエーテル $C_{12}H_{25}OCH_3$ を例に比較する．トリデカンのモル当たりの燃焼熱は 8100 kJ/mol で， $C-O$ ， $C-C$ ， $O=O$ の結合エネルギーはそれぞれ 360 kJ/mol ， 350 kJ/mol ， 500 kJ/mol である．重量当たりで比較すると，ドデシルメチルエーテルの燃焼熱はトリデカンの燃焼熱の何%となるか．有効数字2桁で答えよ．計算の過程も示すこと．

問4 下線部 C) について，含酸素有機化合物の腐食性は，基本的に酸性が強いほど大きい．含酸素有機化合物の酸性の強さの一般的な傾向について，次の選択肢 1)～6) から正しいものを選び，番号で答えよ．

- 1) アルコール > カルボン酸 > フェノール類
- 2) アルコール > フェノール類 > カルボン酸
- 3) カルボン酸 > アルコール > フェノール類
- 4) カルボン酸 > フェノール類 > アルコール
- 5) フェノール類 > アルコール > カルボン酸
- 6) フェノール類 > カルボン酸 > アルコール

問5 空欄（エ）に当てはまる材料名，および空欄（オ）に当てはまる「ポリ」から始まる高分子名を答えよ．

問6 空欄（カ）には，化学変換を表す5字程度の語句が入る．この語句を答えよ．

令和5年度（2023年度） 東北大学工学部

AO入試（総合型選抜）Ⅲ期

筆記試験 問題冊子

（11：00～12：00，60分）

注意事項

1. 机の上には、受験票（AO入試Ⅲ期受験票，大学入学共通テスト受験票），黒鉛筆（シャープペンシルも可），消しゴム，鉛筆削り，時計，メガネの他は置いてはいけません。これ以外のものはかばん等にいれて椅子の下（床面）に置いてください。時計のアラームは使用しないでください。（目薬等も机の上に置いてはいけません。）
2. 携帯電話等の電子機器類を持っている人は，監督者の指示に従ってください。
試験中に携帯電話等の電子機器類を身につけていることが発覚した場合は，不正行為の疑いがあるとみなし，その機器を預かります。
3. 試験開始の合図があるまで，問題冊子を開かないでください。
4. 試験開始の合図の直後に，問題冊子，解答用紙，下書き用紙に印刷不鮮明，ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等がないか確認してください。
5. 最初に，解答用紙のすべてに受験記号番号を忘れずに記入してください。
6. 解答用紙はホッチキスで留めてあります。ホッチキス留めは外さないでください。
7. 試験中に問題冊子，解答用紙，下書き用紙の印刷不鮮明，落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせてください。
8. 解答用紙は書き損じても，破れても交換しませんので注意してください。
9. 下書き用紙は使用してもしなくても構いません。
10. 解答用紙のみすべて提出してください。問題冊子，下書き用紙は持ち帰ってください。
11. 試験終了後，解答用紙の1ページ側が一番上になるように机の上に置き，提出もれがないように確認してください。

――このページは白紙――

次の英文 (I) (II) は、途上国政府に対して、融資、技術協力、政策助言を行う世界銀行が毎年刊行する報告書「世界開発報告 (*World Development Report*)」から引用したものである。英文を読んで以下の設問に答えなさい。なお解答に字数の制限がある場合、句読点、数字、アルファベット、記号も1字として数えること。

(I)

For millennia, farming and food supply have depended on access to accurate information. When will the rains come? How large will the yields be? What crops will earn the most money at market? Where are the most likely buyers located? Today, that information is being collected at an unseen rate through *data-driven agricultural business models. In India, farmers can access a data-driven platform that uses satellite imagery, artificial intelligence (AI), and *machine learning to detect crop health remotely and estimate yield ahead of the harvest. By sharing such information with financial institutions, farmers can demonstrate their potential profitability and thus increase their chance of obtaining a loan. Other data-driven platforms provide real-time crop prices and match sellers with buyers.

For remote populations around the world, receiving specialized medical care has been nearly impossible without having to travel miles to urban areas. A) Today, () and () can () and () (ア) remotely (イ) () (ウ) () and () that helps ().

(II)

Data collected and managed by the private sector for commercial purposes hold great potential to spur development. Innovations in the use and application of data by businesses are creating tremendous economic value by enhancing data-driven decision-making and reducing transaction costs. B) A 2011 study of 179 large firms in the United States indicated that firms adopting data-driven decision-making increased their productivity by 5-6 percent relative to what would be expected in view of their other investments and use of information technology.

Although data are in many ways an input to the production process of firms, much of the recent explosion of new data has come about as a *byproduct of economic activity, such as digitization of firm operations, mobile phone usage by individuals, digital transactions, and social media interactions. These data are collected at high frequency and can provide detailed information on individuals, businesses, economic outcomes, and phenomena. They not only enhance the economic efficiency of the firms themselves, but also offer C) potential to be reused for public policy needs such as *COVID-19 tracking. For example, financial services providers are increasingly adopting

alternative *credit scoring techniques to solve the long-standing issue of lack of data on potential borrowers in banking. These techniques take advantage of users' *digital footprints to assess *creditworthiness for those who otherwise lack documentation.

But these trends also come with new risks that must be addressed to ensure that the data-driven economy raises social welfare. Concerns are growing about excessive data collection, insufficient governance of data held by private firms, and inadequate protection of personal data. Many of these concerns result from the misuse of personal data. Such misuses include the failure of firms to properly protect the financial information of clients—exposing them to theft of funds or identity—or firms' engagement in unauthorized use of, or failure to protect, individuals' confidential health or location data.

Many of the processes through which firms create value with their data are driven by algorithms and machine learning. In these models, algorithms determine, among other things, what information, products, or services individuals are exposed to and at what price; what insurance packages they are offered; whether their loan applications are approved; what jobs they qualify for; and what medical advice they receive.

All these types of activities have the potential to significantly improve economic efficiency. For example, by consuming more data types and discovering relevant information from seemingly unrelated patterns, machine learning could generate credit scores for more individuals with greater precision. However, if the data input into the machine learning have discriminatory nature, machine learning will amplify that discrimination (e.g. gender, racial, ethnic-based, age, and sexual-orientation discrimination), not only producing harmful results, but also making them worse. This point brings to mind the decades-old data science *adage “garbage in, garbage out,” meaning that a data processing system such as machine learning is no better than the data it is given to process. But there is a deeper concern: the output from machine learning is typically not clear and changes frequently as new data enter the system. Almost by design, it creates a rule that lacks transparency, and so identifying discriminatory elements of the algorithm can be technically very challenging.

Often, data-driven markets exhibit *positive network externalities and tend to be dominated by a few large firms. This may exclude smaller or more traditional firms, damage local *entrepreneurship, and negatively impact consumer welfare. These effects may be worsened in developing markets, where new entry firms have less access to start-up capital and where there is a lack of data science specialists. To reduce this, policy makers can address the underlying constraints to achieving scale, such as *geoblocking or lack of harmonization of data policies across countries. They can ensure that sector regulations and government support schemes provide a level playing field for all firms.

(Reprinted from World Bank, 2021, World Development Report 2021: Data for Better Lives, Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO. 一部改変)

(注)

- * **data-driven** : データドリブンの (収集した多くのデータの分析結果を用いてさまざまな課題に対する判断や意思決定を行うアプローチに基づく.)
- * **machine learning** : 機械学習 (データの背後にあるルールやパターンを機械が自動で学習して発見し, 学習した成果を用いて予測や判断を行う手法.)
- * **byproduct** : 副産物
- * **COVID-19 tracking** : COVID-19 の感染状況や濃厚接触者の追跡
- * **credit scoring** : 信用スコアリング (融資の可否や融資限度額を評価する手法の 1 つ. これまでの金融機関は融資の申し込みがあった場合に年収・資産・借入状況・返済履歴などの情報を元に融資を行うかどうかを決定していたが, 最近は信用スコアリングの結果を用いて審査を行う金融機関が増えつつある.)
- * **digital footprint** : デジタル・フットプリント (インターネットを利用したときに残る記録のこと. 電子商取引の履歴, インターネットの閲覧履歴, メールの送受信履歴など.)
- * **creditworthiness** : 金融機関が融資申請者の将来の債務返済に対して抱く信頼やその程度
- * **adage** : 格言
- * **positive network externality** : 正のネットワーク外部性 (あるサービスの利用が増えるほど同サービスの利便性が高まる性質のこと. たとえば, 動画配信プラットフォームでは利用が増えると視聴できる作品数が増えてサービスの魅力が高まりやすい.)
- * **entrepreneurship** : 起業家精神
- * **geoblocking** : ユーザーの地理的所在によるインターネットコンテンツへのアクセス制限

問1 インドの農家がデータドリブン・プラットフォームを利用することで得ている恩恵を日本語で3つあげなさい。

問2 下線部 A) が「今日では，遠隔医療の診療所とその専門医は患者の健康データを収集するセンサーやデータ分析を支援する AI を用いることで遠隔地から患者を診察したり診断できる」という意味になるように，①から⑪の語句を適切な順序に並び替えて括弧内に入れ，(ア) (イ) (ウ) に入る語句の番号を答えなさい。ただし，同じ語句を2回以上用いてはならない。

- ① analyze such data ② AI ③ diagnose ④ monitor ⑤ patients ⑥ patient health data
⑦ sensors ⑧ telehealth clinics ⑨ that collect ⑩ their specialists ⑪ using

A) Today, () and () can () and () (ア) remotely (イ) () (ウ) () and () that helps ().

問3 下線部 B) を和訳しなさい。

問4 下線部 C) に示されているデータの利用方法について，本文であげられているものとは異なる例を日本語で1つ示しなさい。

問5 下線部 D) を和訳しなさい。

問6 正のネットワーク外部性 (*positive network externality) を有する情報プラットフォームでは，少数の企業が支配的な立場を築きやすい。本文の内容を踏まえた上で，その場合に起こりうる問題を1つ取り上げ，問題解決への方向性についてのあなたの考えを日本語 300 字以内で述べなさい。なお取り上げる問題は途上国の情報プラットフォームに固有の問題である必要はなく，例えば，先進国あるいは国際的な情報プラットフォームにおいて起こりうる問題でも構わない。