

模擬授業資料

1. 近年の問題の傾向

航大の物理は、力学・電磁気・熱力学・波動から出題される。力学は4題、電磁気が3～4題、熱力学が0～1題、波動が0～1題のことが多い。近年の特徴として、数式で考察しにくい今年の問27、問28、問32などのような問題が多くなっている。このような問題は普通の参考書問題集で対策することは難しい。私立の医学部の入試で見られるような問題も多い。また、問34の問題のような非常に高度な問題も出題されている。逆に問29、問30、問31、問33は基本問題で、これらの問題は絶対逃してはいけない。簡単な問題が残されている一方、難しい問題や解きにくい問題の割合が多くなってきたため、その対策にも工夫をしていかないとはいけない。

2. 授業のすすめ方

やや難しい問題や感覚的に解かなくてはならない問題も多くなってきてはいるが、だからといって基本問題をやらないわけにはいけない。「基礎講座」では、徹底的に基本問題を扱う。物理現象の説明、立式の仕方、計算の仕方をイチから説明する。基礎の講座の受講を通して典型的な問題にはすぐ反応し、解けるように練習してほしい。予習は不要だが、心配な人は参考書を眺めて法則や使う数式を確認しておくといよい。そして、合格講座では、基本的な説明を理解した上で授業をすすめる。あらかじめ問題は解いて欲しい。市販されている問題集・参考書にのっている典型問題だけではなく、やや工夫を凝らすような問題の演習も集めているので、授業を通して応用力を身に着けることができる。

3. 勉強の仕方

基礎講座が終わる頃(1月中旬)を目途に基本問題をできるようにしておく。基本問題とはリードα(数研出版)の応用問題以外を目安とする。もし物理をほとんど勉強したことがない人は授業の進度に沿ってリードαなどを使って練習問題を解いていくといよい。また、航大の試験では出にくい单元もある。今のところほとんど出ていないのは「万有引力に関する問題」、「光学に関する問題」、「原子物理に関する問題」でこれらはとりあえず後回しにしてよい。2月以降は実践演習をしていく。あまり問題を選ばずにランダムに解いていくと力がつく。

4. 物理の単元別の傾向

4.1 力学

力学は大きく分けて、「等加速度運動」、「運動方程式」、「保存則・衝突」、「円運動」、「単振動」、「力のつり合い」がある。この中でも「等加速度運動」と「運動方程式」は頻出。「単振動」は周期の計算が頻出で、逆にそれ以外はほとんど出ていない。また、「円運動」は等速円運動の問題が多い。ただし、今後のことも考えて、非等速円運動についても慣れておく必要がある。「保存則・衝突」は融合問題で出る可能性もあるので、成立条件や保存則をよく使う問題を覚えておくといよい。「力のつり合い」は特に、力のモーメントの問題が多い。

4.2 電磁気学

電磁気学は大きく分けて、「静電場と電位」、「コンデンサー」、「回路」、「磁場」、「電磁誘導」がある。毎年、回路の問題が出る。多いときは2~3題出ることもあるので、注意が必要。回路の問題を詳しくみると、「抵抗の回路」、「コンデンサーを含む回路」、「抵抗とコンデンサーの回路」、「ダイオードがある回路」、「コイルがある回路」、「 LC 振動回路」など様々な問題がでる。「静電場と電位」や「磁場」は比較的易しい問題が多い。とはいえ、法則や物理量の意味を正確に理解していないといけない。「コンデンサー」はいまのところ複雑な問題は出ていないが、少し難しめの問題にも慣れておいた方がよい。「電磁誘導」に関する問題も定期的に出ている。自己誘導・相互誘導の問題、誘導起電力の問題、導体棒に関する問題と高度な問題も多い。電磁気はとっつきにくい分野でもあるので、基本問題はなるべく早く終わらせ、多くの時間を実践演習に使えるようにしておくといよい。

熱学

「熱量保存則」、「熱と仕事の関係」、「気体の法則」などが出る。「熱量保存則」が一番解きやすい問題だと思うが、それでも設定を難しくされると意外と高度な問題も作れる。簡単な問題だけで満足しないこと。「熱と仕事」の問題は力学との融合問題。「気体の法則」はボイル・シャルルの法則、熱力学第一法則などが出る。複雑な状態の変化（たとえば、定圧変化 → 等温変化 → 断熱変化）のような問題はあまり出ていないが、これからは出る可能性があるのでやや難しいところまで勉強をしておくといよい。「気体分子運動論」も出ていないが、「運動量変化と力積の関係」を用いた簡単な考察はできるようにしておいた方がよい。

波動

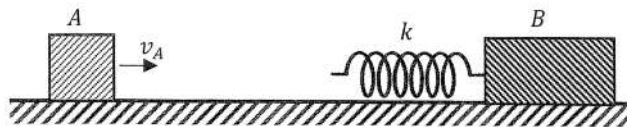
「波の伝わり方と波の式」、「ドップラー効果」、「干渉・共鳴」がよく出る。「ドップラー効果」は頻出の上、勉強しやすいところなので、早めに取り組めるようにしておくといよい。「干渉・共鳴」はいまの

ところ簡単な問題しか出ていない。また、波に関しては、知識問題も出ている。

5. 今年度の問題（一部）

問 30

摩擦を無視できる滑らかな水平面上で、剛体 A が速度 v_A で運動し、静止している剛体 B に衝突する。剛体 B の衝突面にはバネ定数 k のばねが取り付けられている。衝突後、十分時間が経った後の運動の説明として、明らかに誤っているものを 1 つ選び、解答用紙にマークせよ。ただし、運動は一方方向のみに生じ、剛体は回転しないものとする。また、ばねの質量は無視でき、ばねの弾性エネルギーと剛体の運動エネルギーの交換は損失なく行われるものとする。また、剛体の質量は有限とし、質量ゼロの極限は考えない。なお、剛体とは力が加わっても変形しない理想的な物体をいう。



- (1) 剛体 A と剛体 B の質量が同じとき、衝突後の剛体 A の速度はゼロとなる。
- (2) 剛体 A と剛体 B の質量が同じとき、衝突後の剛体 B の速度は v_A となる。
- (3) 剛体 A の質量が剛体 B の質量の 2 倍のとき、衝突後の剛体 B の速度は v_A の 2 倍となる。
- (4) 剛体 A の質量が剛体 B の質量より軽いとき、衝突後に剛体 A と剛体 B は互いに逆方向に運動する。
- (5) 質量によらず、衝突後に剛体 A と剛体 B が同じ速度で同じ方向に運動することはない。

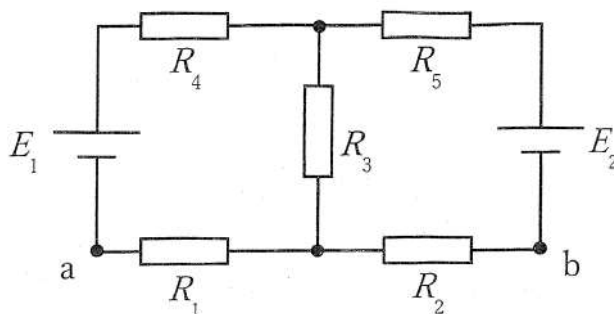
問 32

地球の大気中でギターの弦をはじいたときに人が聞く音に関して、最も適当なものを 1 つ選び、解答用紙にマークせよ。ただし、選択肢に示す条件を変化させるときは、他の条件は変わらないものとする。

- (1) 太い弦をはじくと、細い弦をはじいたときより、高い音が聞こえる。
- (2) 気温が高いと、気温が低いときより、高い音が聞こえる。
- (3) はじく側の弦が短くなるように弦を押さえると、はじく側の弦が長くなるように押さえたときより、低い音が聞こえる。
- (4) 気圧が高いと、気圧が低いときより、高い音が聞こえる。
- (5) 弦を強く張ってはじくと、弱く張ってはじいたときより、高い音が聞こえる。

問 33

図で、 $E_1 = 8.0 \text{ V}$, $E_2 = 4.0 \text{ V}$, $R_1 = 2.0 \Omega$, $R_2 = 4.0 \Omega$, $R_3 = 8.0 \Omega$, $R_4 = 2.0 \Omega$, $R_5 = 4.0 \Omega$ とする. 今 a 点の電位を 0.0 V とすると, b 点の電位は何 V になるか. 最も適当なものを選び, 解答用紙にマークせよ.



- (1) 1.0 V (2) 1.5 V (3) 2.0 V (4) 2.5 V (5) 3.5 V

問 34

電気容量 (静電容量) の値が $C [\text{F}]$ のコンデンサがある. 次の (a) 及び (b) に答えよ.

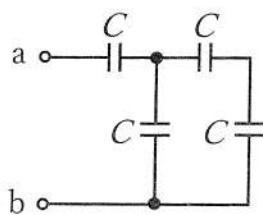


図 1

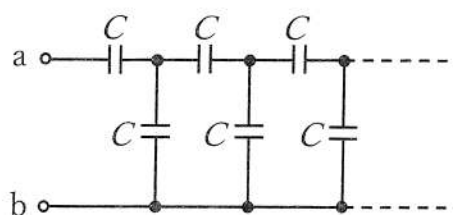


図 2

(a) 図 1 のように, コンデンサを 4 個接続したときの端子 ab 間の合成電気容量 $[\text{F}]$ として, 最も適切なものを 1 つ選び, 解答用紙にマークせよ.

- (1) $\frac{2}{5}C [\text{F}]$ (2) $\frac{3}{5}C [\text{F}]$ (3) $\frac{3}{2}C [\text{F}]$ (4) $\frac{5}{3}C [\text{F}]$ (5) $\frac{5}{2}C [\text{F}]$

(b) 図 2 のように, コンデンサを無限に接続したときの端子 ab 間の合成電気容量 $[\text{F}]$ として, 最も適切なものを 1 つ選び, 解答用紙にマークせよ.

- (1) $\frac{1}{2}C[F]$ (2) $\frac{\sqrt{5}-1}{2}C[F]$ (3) $C[F]$
 (4) $\frac{\sqrt{5}}{2}C[F]$ (5) $\frac{\sqrt{5}+1}{2}C[F]$

問 35

次の表は、電気磁気に関する量、単位、単位記号及び SI 基本単位による表現を示したものである。
 (ア)～(ウ) の欄に当てはまる単位として、最も適当なものを 1 つ選び、解答用紙にマークせよ。

量	単位	単位記号	SI 基本単位による表現
電圧、電位	ボルト	V	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
電力	ワット	W	(ア)
インダクタンス	ヘンリー	H	(イ)
静電容量	ファラッド	F	(ウ)

(ア)

(イ)

(ウ)

- | | | |
|---------------------------------|--|--|
| (1) $m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$ | $m^3 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$ | $m^{-1} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A$ |
| (2) $m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$ | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$ | $m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$ |
| (3) $m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$ | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$ | $m^{-2} \cdot kg^{-2} \cdot s^3 \cdot A$ |
| (4) $m^3 \cdot kg \cdot s^{-2}$ | $m^3 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$ | $m^{-1} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$ |
| (5) $m^3 \cdot kg \cdot s^{-2}$ | $m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$ | $m^{-1} \cdot kg^{-2} \cdot s^3 \cdot A$ |

6. 解答

問 30

解答：(3)

この衝突は力学的エネルギーが保存するので、完全弾性衝突でとみなすことができる。A の質量を m_A 、B の質量を m_B 、衝突後の A の速度を V_A 、B の速度を V_B とすると、運動量保存則とはねかえり係数の式より

$$m_A v_A = m_A V_A + m_B V_B \quad \dots \textcircled{1}$$

$$1 = -\frac{V_A - V_B}{v_A - 0} \quad \dots \textcircled{2}$$

② より、 $V_B = v_A + V_A \quad \dots \textcircled{3}$ 。③ を ① に代入して、 V_A を求めると

$$\begin{aligned} m_A v_A &= m_A V_A + m_B (v_A + V_A) \\ \therefore V_A &= \frac{m_A - m_B}{m_A + m_B} v_A \quad \dots \textcircled{4} \end{aligned}$$

④ を ③ に代入して

$$V_B = v_A + \frac{m_A - m_B}{m_A + m_B} v_A = \frac{2m_A}{m_A + m_B} v_A \quad \dots \textcircled{5}$$

④、⑤ に $m_A = m_B = m$ を代入すると、 $V_A = 0$ 、 $V_B = v_A$ となり、速度が交換される。したがって、(1)、(2) は正しい。

④、⑤ に $m_A = 2m_B$ を代入すると $V_A = \frac{1}{3}v_A$ 、 $V_B = \frac{4}{3}v_A$ であり、(3) が誤り。

$m_A < m_B$ のとき、④ より、 $V_A < 0$ であり、 V_B は質量によらず $V_B > 0$ であるから、(4) は正しい。

④、⑤ より、 $V_A = V_B$ を課すと、 $\frac{m_A - m_B}{m_A + m_B} v_A = \frac{2m_A}{m_A + m_B} v_A$ であるが、これを解くと $m_A = -m_B$ となり、 $m_A, m_B > 0$ より、これを満たす m_A, m_B は存在しない。したがって、(5) は正しい。

問 32

解答：(5)

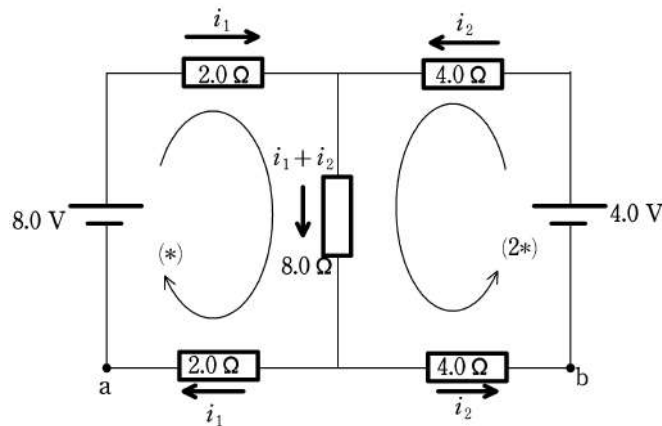
弦を伝わる波の速さ v は線密度を ρ 、張力の大きさを S とすると、 $v = \sqrt{\frac{S}{\rho}}$ で表される。また、弦を伝わる波の速さ v と波長 λ 、振動数 f には、波の基本式 $v = f\lambda$ の関係がある。

(1) 太い弦では線密度 ρ は大きくなり、 v が小さくなる。一方、定常波の形は変わらないはずだから波長は変わらず、波の基本式より振動数 f は小さくなる。弦の振動数が小さくなると、空気の振動数も小さくなり、観測者が観測する振動数も小さくなり、低い音に聞こえる。したがって、(1) は誤り。

- (2) 気温が高くなると、材質の膨張により音が高くなることもあるが、ギターの種類によっては音が低くもなる。これは明らかに正しいとは言えない。また、音速は温度が高いと大きくなるが、これは空気中を伝わる波の話であり、耳に届く振動数とは関係ない。(管楽器の場合は、波長が固定されて、音速が大きくなると、振動数が大きくなり、高く聞こえる。)
- (3) はじく側の弦が短くなるように弦をおさえると、波長が小さくなり、弦を伝わる速さは変化しないので、振動数が高くなる。したがって、(3)は誤り。
- (4) 気圧の高低も弦の振動数にあまり影響がない。
- (5) 弦を強く張ると張力 S が大きくなるので、音の速さが大きくなる。波長が変化しないので、振動数が大きくなり、(5)は正しい。

問 33

解答：(3)



図のように電流を設定すると、 a のを 0.0 V としたときの b の電位 V_b は

$$\begin{aligned} 0 + 2.0 \times i_1 - 4.0 \times i_2 &= V_b \\ V_b &= 2i_1 - 4i_2 \quad \cdots \textcircled{1} \end{aligned}$$

また、(*), (2*) まわりの電圧降下の式より

$$8.0 = 2.0 \times i_1 + 8.0 \times (i_1 + i_2) + 2.0 \times i_1 \quad \therefore 3i_1 + 2i_2 = 2 \quad \cdots \textcircled{2}$$

$$4.0 = 4.0 \times i_2 + 8.0 \times (i_1 + i_2) + 4.0 \times i_2 \quad \therefore 2i_1 + 4i_2 = 1 \quad \cdots \textcircled{3}$$

②, ③ を解いて、 $i_1 = \frac{3}{4} [\text{A}]$, $i_2 = -\frac{1}{8} [\text{A}]$ であり、これを ① に代入して

$$V_b = 2 \times \frac{3}{4} - 4 \times \left(-\frac{1}{8}\right) = 2.0 \text{ V}$$

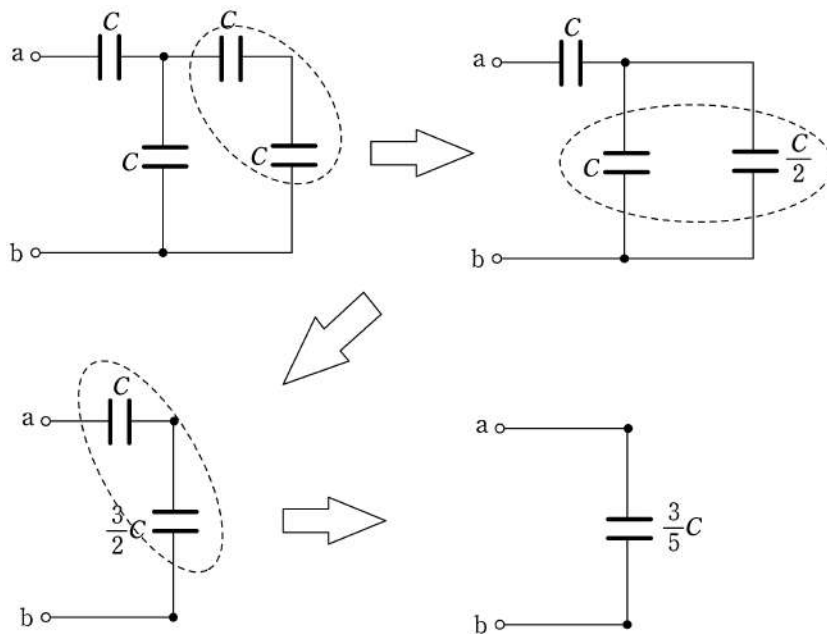
問 34

解答：(a) (2) (b) (2)

(a) 下図のように順に合成していく。ちなみに、電気容量 C_1, C_2 のコンデンサーの直列の合成容量 $C_{\text{直列}}$ と並列の合成容量 $C_{\text{並列}}$ は次のようになる。

$$\frac{1}{C_{\text{直列}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad \therefore C_{\text{直列}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

$$C_{\text{並列}} = C_1 + C_2$$



(b) 図1の点線で囲んだ部分の合成容量を C' [F] とする。図2のように並列合成して $C + C'$ [F], 図3のように直列合成すると全体の合成容量は $\frac{C(C + C')}{(C + C') + C}$ [F] であり、コンデンサーを無限に接続しているのでこの合成容量も C' [F] である。したがって

$$C' = \frac{C(C + C')}{(C + C') + C}$$

C' の2次方程式とみて、解の公式より C' について解くと

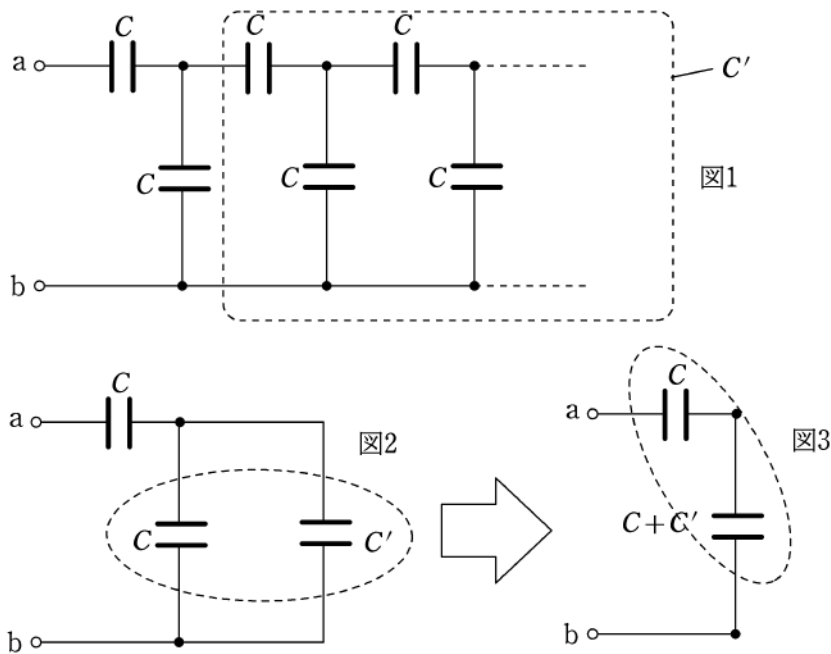
$$C'^2 + CC' - C^2 = 0$$

$$\therefore C' = \frac{-C \pm \sqrt{C^2 - 4 \cdot (-C^2)}}{2}$$

$$= \frac{-C \pm \sqrt{5}C}{2}$$

$C' > 0$ より

$$C' = \frac{\sqrt{5}-1}{2}C[\text{F}]$$



問 35

解答：(2)

それぞれ、知っている公式を用いて単位を確認するとよい。

W について 消費電力 $P[\text{W}]$ は、電圧 $V[\text{V}]$ と電流 $I[\text{A}]$ を用いて、 $P = IV$ の関係があるから

$W = \text{A} \cdot \text{V}$ である。また、問題の表にあるように、 $V = \text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$ より

$$\begin{aligned} W &= \text{A} \cdot \text{V} \\ &= \text{A} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1} \\ &= \text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \end{aligned}$$

H について 誘導起電力を $V[\text{V}]$ ，自己インダクタンスを $L[\text{H}]$ ，時間 $\Delta t[\text{s}]$ の間の電流変化を

$\Delta I[\text{A}]$ とすると、 $V = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ の関係があるから、 $V = \text{H} \cdot \text{A} \cdot \text{s}^{-1}$ ，つまり $\text{H} = \text{V} \cdot \text{s} \cdot \text{A}^{-1}$ である。また、問題の表にあるように、 $V = \text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1}$ より

$$\begin{aligned} H &= \text{V} \cdot \text{s} \cdot \text{A}^{-1} \\ &= \text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-1} \cdot \text{s} \cdot \text{A}^{-1} \\ &= \text{m}^2 \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{A}^{-2} \end{aligned}$$

F について 電荷 Q [C] と電気容量 C [F] と電圧 V [V] の関係は $Q = CV$ であるから, $F = C \cdot V^{-1}$ である。また, 電流 I [A] と通過した電荷 Q [C] と時間 t [s] の関係は $I = \frac{Q}{t}$ であるから, $C = s \cdot A$ であり, 問題の表にあるように, $V = m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$ も用いて

$$\begin{aligned} F &= C \cdot V^{-1} \\ &= s \cdot A \cdot V^{-1} \\ &= s \cdot A \cdot (m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1})^{-1} \\ &= \mathbf{m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2} \end{aligned}$$