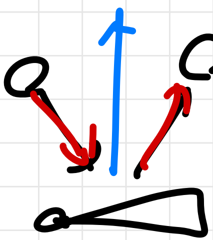
センター2019本試験
物理 解説動画

- 過去問の入手は概要欄から。
- まだ解いていない人は「あとで見る」リストに追加。
  時間を計って解いてから視聴
- 講義ノートは概要欄から。

③ 運動エネルギーの変化

= 仕事

力積 = 運動量の変化



問 1　運動エネルギーと運動量について述べた文として最も適当なものを，次の①〜④のうちから一つ選べ。 $\boxed{1}$

×

① 運動エネルギーは大きさと向きをもつベクトルである。

② 二つの小球が非弾性衝突をする場合，運動量の和は保存されるが運動エネルギーの和は保存されない。

③ 力を受けて物体の速度が変化したとき，運動エネルギーの変化は物体が受けた力積に等しい。

×

④ 等速円運動する物体の運動量は一定である。

×

大きさ 一定　向き 一定でない

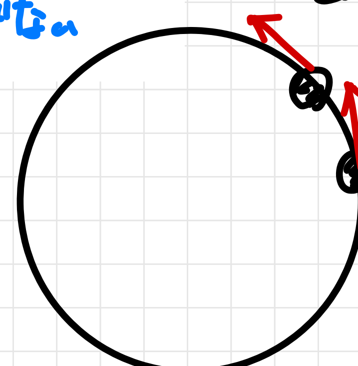
① 運動エネルギーはスカラー量

大きさ

ベクトル

大きさ + 向き

④



② $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$

$$v_G = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

$$K_R = \frac{1}{2}\frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}(v_2 - v_1)^2$$

$$\Downarrow$$

$$e^2 (v_2 - v_1)^2$$

$$K = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2$$

$$= K_G + K_R$$

$$\Downarrow$$

$$\frac{1}{2}(m_1 + m_2) v_G^2$$

計算してみること!

$$K = K_G + K_R$$

保存

$e=1$ 保存

$e \neq 1$ 非保存

問 2　図 1 のように，x 軸上の原点 O に電気量 Q の点電荷，$x = d$ の位置に電気量 q の点電荷がそれぞれ固定されている。$x = 2d$ の位置の電場(電界)の大きさが 0 のとき，Q を表す式として正しいものを，下の①～⑥のうちから一つ選べ。$Q = \boxed{\ 2\ }$

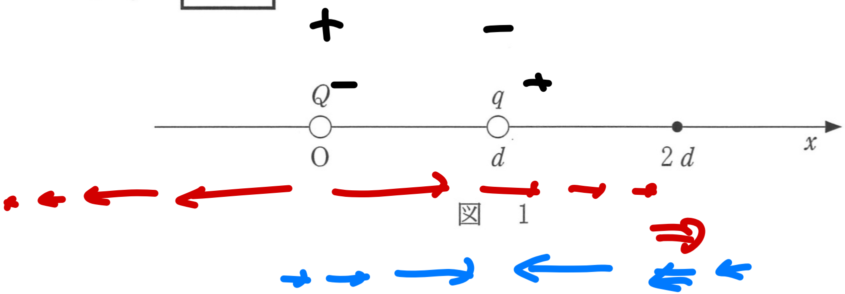
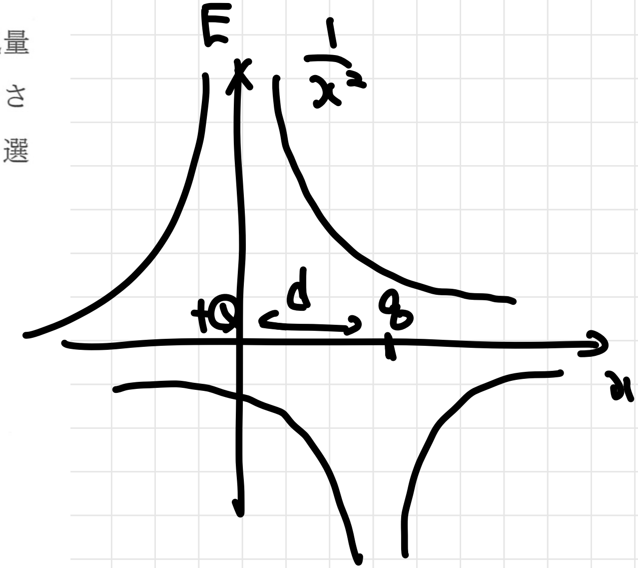


図　1

① ~~$4q$~~　　② ~~$2q$~~　　③ ~~q~~

④ $-q$　　⑤ $-2q$　　⑥ $-4q$



$$E^Q(2d) = \frac{k_0 Q}{(2d)^2}$$

$$+)\ E^q(d) = \frac{k_0 q}{d^2}$$

$$\Rightarrow \frac{k_0}{d^2}\left(\frac{Q}{4} + q\right) = 0$$

$$Q = -4q$$

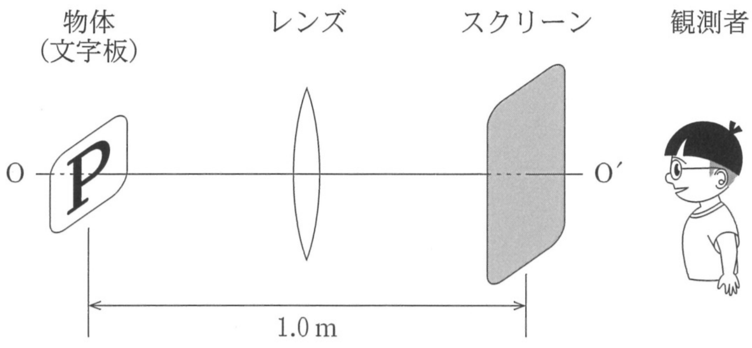
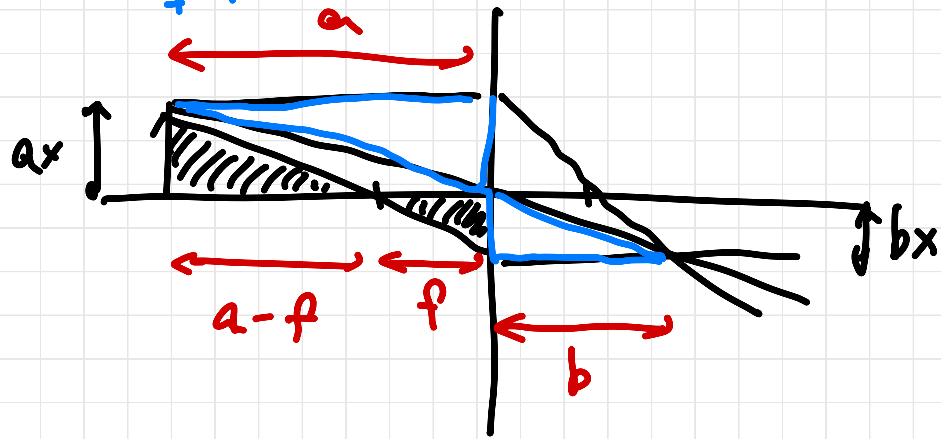


図 2

図 3

	ア	イ
①	0.25	(A)
②	0.25	(B)
③	0.50	(A)
④	0.50	(B)
⑤	1.0	(A)
⑥	1.0	(B)

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$$ → 導出



$$\frac{2}{a}=\frac{1}{f}$$

0.5 → $\frac{a}{2}=f$

$f=0.25$

$$\frac{ax}{a-f}=\frac{bx}{f}$$

計算は各自で!

→ $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$

虚像, 凹レンズの導出も

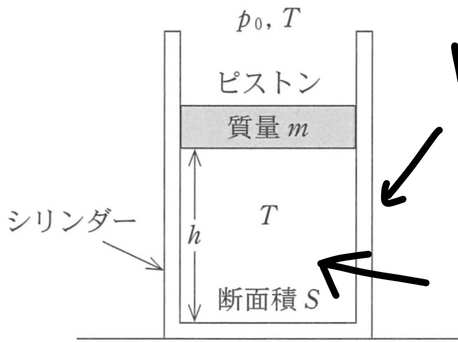


図　4

n mol の
理想気体

P(h)

① $\dfrac{p_0S}{nRT}$　② $\dfrac{p_0S+mg}{nRT}$　③ $\dfrac{p_0S-mg}{nRT}$

④ $\dfrac{nRT}{p_0S}$　⑤ $\dfrac{nRT}{p_0S+mg}$　⑥ $\dfrac{nRT}{p_0S-mg}$

力のつり合い： $P(h)\cdot S = mg + P_0S$

状態方程式： $P(h)\cdot Sh = nRT$

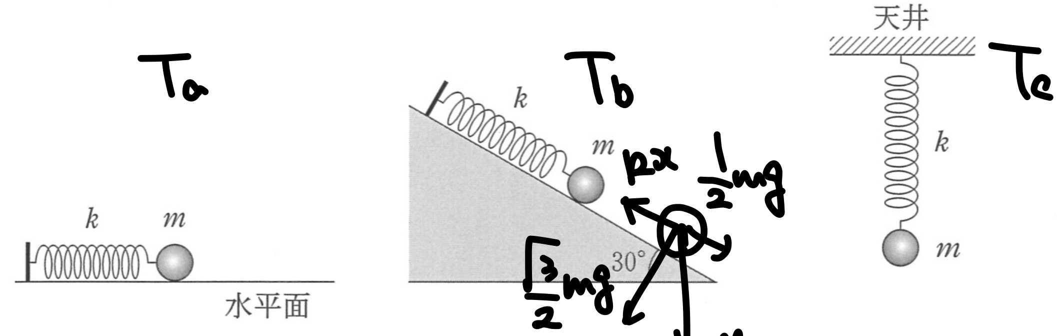
$$\frac{\cancel{P(h)}\cancel{S}}{\cancel{P(h)}\cancel{S}h} = \frac{mg+P_0S}{nRT}$$

$$h = \frac{nRT}{P_0S+mg}$$

理想気体

・分子の体積が無視できる

・分子間力 = ゼロ



(a)　ばねの他端を水平面上で固定する。

(b)　ばねの他端を傾き30°の斜面上で固定する。

(c)　ばねの他端を天井に固定する。

図　5

(b)

$$ma = -kx + \frac{1}{2}mg$$

$$a = -\frac{k}{m}x + \frac{1}{2}g$$

$$= -\underbrace{\frac{k}{m}}_{\omega^2}\Big(x - \underbrace{\frac{mg}{2k}}_{\text{つり合いの位置}}\Big)$$

① $T_a > T_b > T_c$　② $T_c > T_b > T_a$　③ $T_b = T_c > T_a$

④ $T_a = T_b = T_c$　⑤ $T_a = T_c > T_b$　⑥ $T_b > T_a = T_c$

(a)

$$ma = -kx$$

$$a = -\underbrace{\frac{k}{m}}_{\omega^2}x$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$T_a = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

m大　T大

k大　T小

$$\boxed{a = \frac{d^2}{dt^2} x}$$

$$x = \underline{A \sin(\omega t + \theta_0)}$$

$$\frac{d}{dt} x = A\omega \cos(\omega t + \theta_0)$$

$$\frac{d^2}{dt^2} x = -A\omega^2 \underline{\sin(\omega t + \theta_0)}$$

$$= -\omega^2 x$$

$$\frac{d^2}{dt^2} x = \frac{d^2}{dt^2}(x - \underbrace{x_0}_{\text{定数}})$$

$$a = \frac{d^2}{dt^2}(x - x_0)$$

$$= -\omega^2 (x - x_0)$$

$$a = -\frac{k}{m}(x - x_0)$$

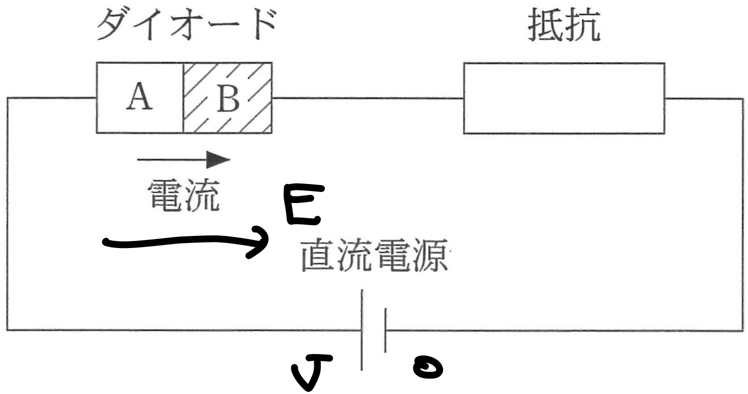
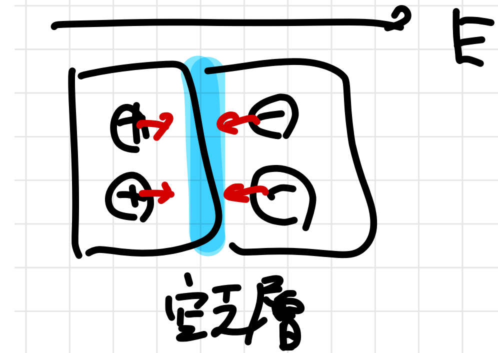
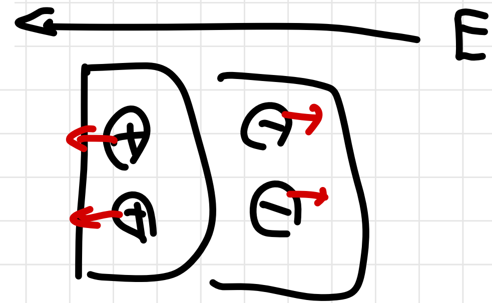


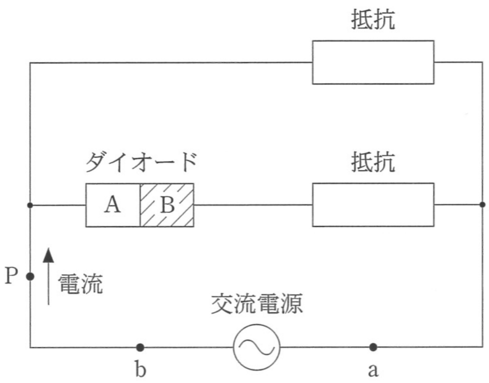
図　1





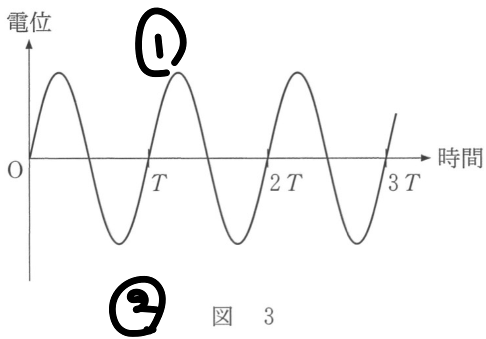
問 1　半導体 A と半導体 B の電流の担い手の組合せとして最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $\boxed{\;1\;}$

	半導体 A	半導体 B
①	電　子	ホール(正孔)
②	電　子	イオン
③	ホール(正孔)	電　子
④	ホール(正孔)	イオン
⑤	イオン	電　子
⑥	イオン	ホール(正孔)



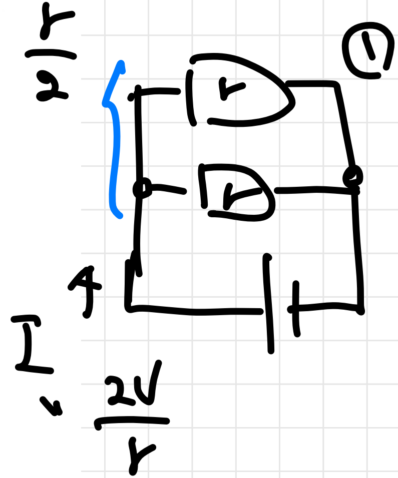
抵抗
ダイオード
A
B
抵抗
P
電流
交流電源
b
a

図　2

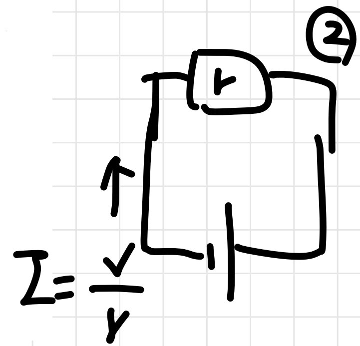


電位
①
O
時間
T
2 T
3 T
②

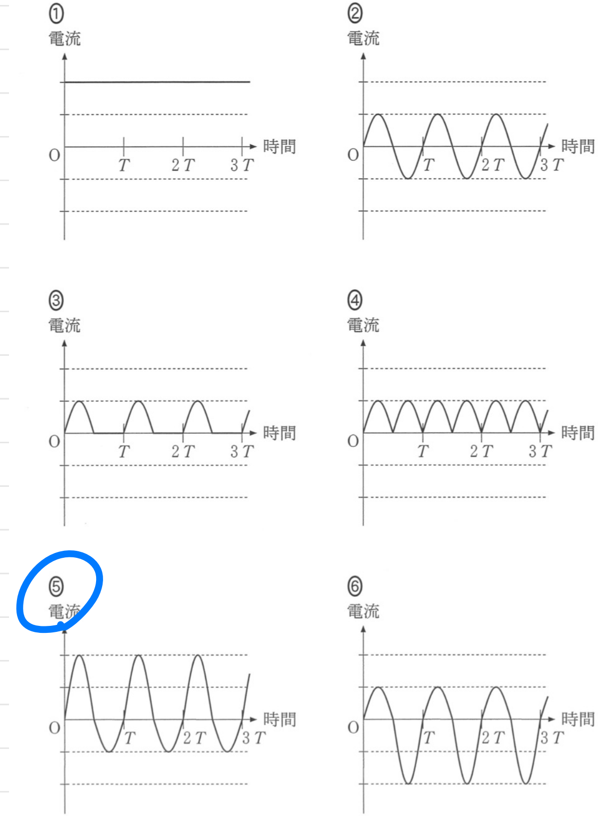
図　3



r/2
①
r
r
I
2V/r



②
r
I = V/r



①
電流
O
T
2 T
3 T
時間
②
電流
O
T
2 T
3 T
時間
③
電流
O
T
2 T
3 T
時間
④
電流
O
T
2 T
3 T
時間
⑤
電流
O
T
2 T
3 T
時間
⑥
電流
O
T
2 T
3 T
時間

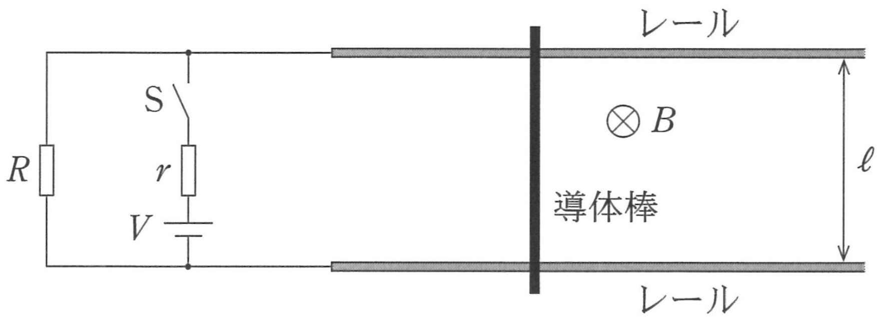


図　4

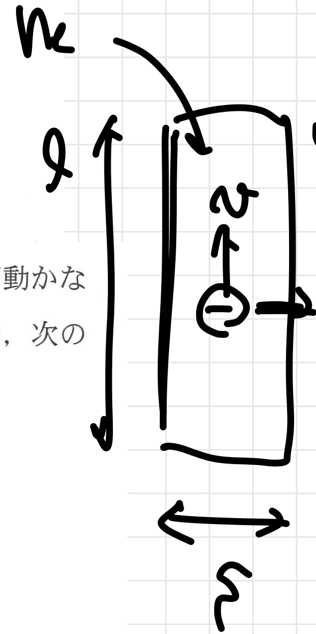
問 3　S を閉じると，導体棒は右向きの力を受ける。このとき，導体棒が動かないように左向きに力を加えた。加えた力の大きさとして正しいものを，次の①～⑤のうちから一つ選べ。 $\boxed{\;3\;}$

① $VB\ell$　　② $\dfrac{VB\ell}{r}$　　③ $\dfrac{VB\ell}{R}$

④ $\dfrac{VB\ell}{(r+R)}$　　⑤ $\dfrac{(r+R)VB\ell}{rR}$

$$F = I B \ell$$

$$= \frac{VB\ell}{r}$$



$\Downarrow I$

$$evB = f$$

$$F = f \times N$$

$$= \underbrace{nS\ell ev}_{I}B$$

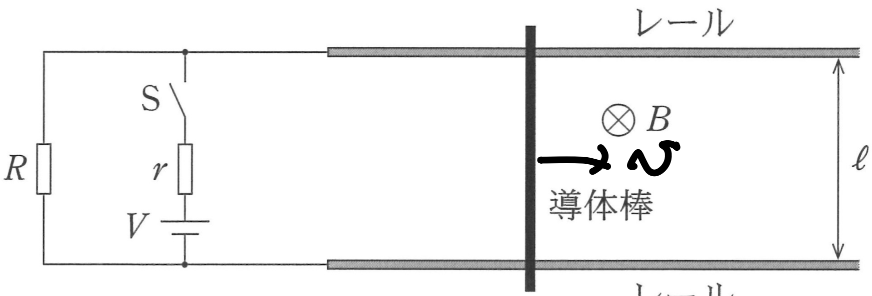


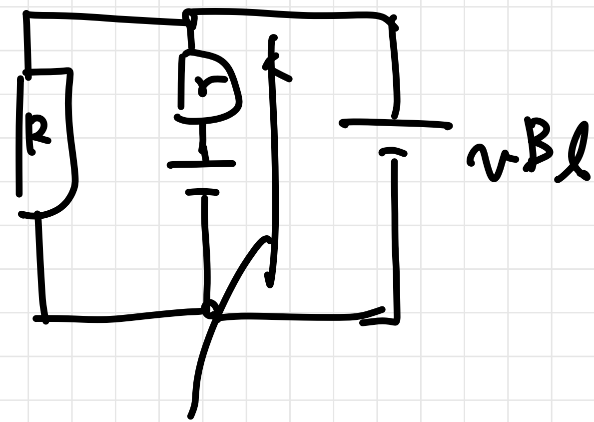
図　4

問 4　次に，導体棒に加えていた左向きの力をとりのぞくと，導体棒は右向きに運動をはじめた。十分に時間が経過した後，導体棒に電流は流れなくなり，導体棒の速さは一定値 v となった。v を表す式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし，空気抵抗は無視できるものとする。

$v = \boxed{\;4\;}$

① $\dfrac{V}{B\ell}$　② $\dfrac{R}{B\ell}$　③ $\dfrac{r}{B\ell}$

④ $\dfrac{V}{B\ell(r+R)}$　⑤ $\dfrac{VR}{B\ell(r+R)}$　⑥ $\dfrac{Vr}{B\ell(r+R)}$

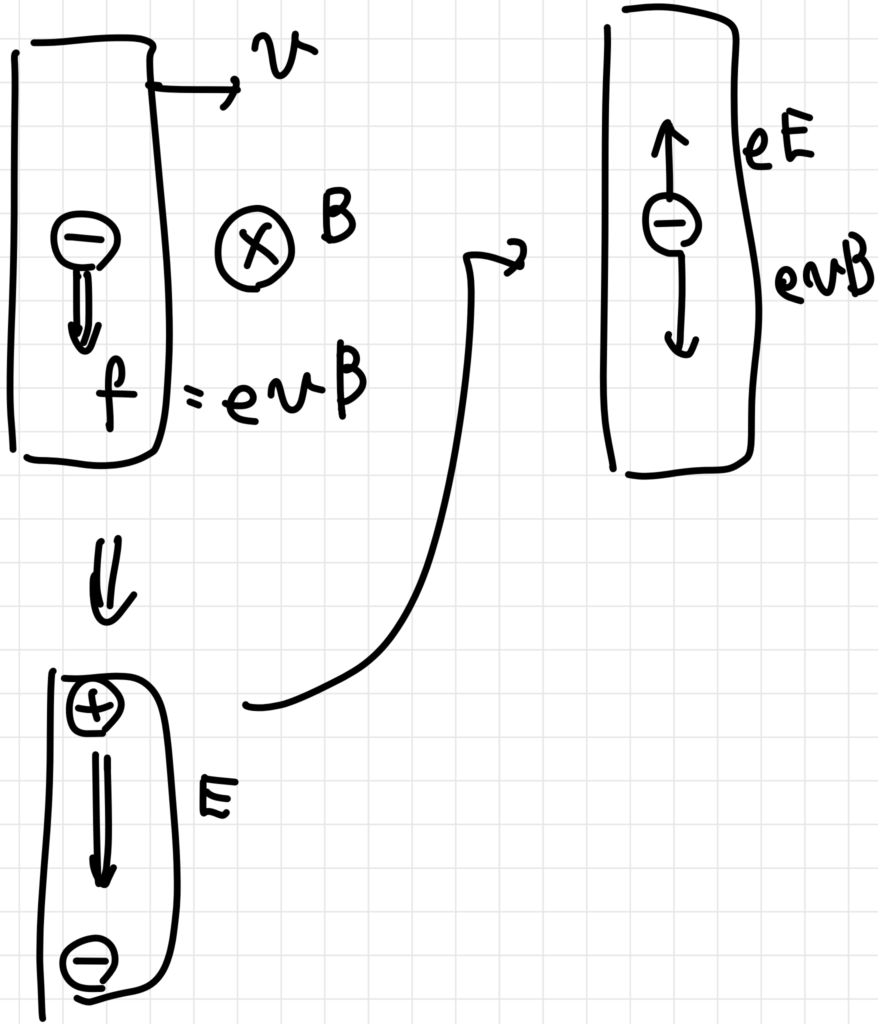


$$V - rI = vB\ell$$

$$I = \frac{V}{R+r}$$

計算は各自!

$$v = \frac{VR}{B\ell(R+r)}$$



$$eE = evB$$

$$E = vB$$

$$V = El$$

$$= vBl$$

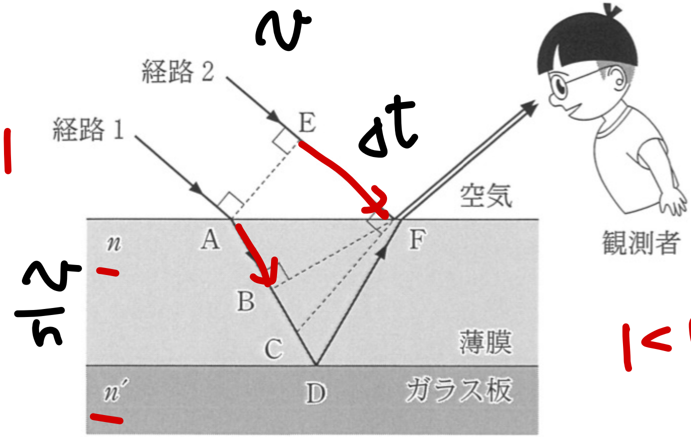


図　1

$1 < n < n'$

$$\Delta t = \frac{EF}{v} = \frac{AB}{v/n}$$

$$n = \frac{EF}{AB}$$

$\boxed{\ 1\ }$ の解答群

① $\dfrac{EF}{AB}$	② $\dfrac{EF}{AC}$	③ $\dfrac{EF}{AD}$
④ $\dfrac{AB}{EF}$	⑤ $\dfrac{AC}{EF}$	⑥ $\dfrac{AD}{EF}$

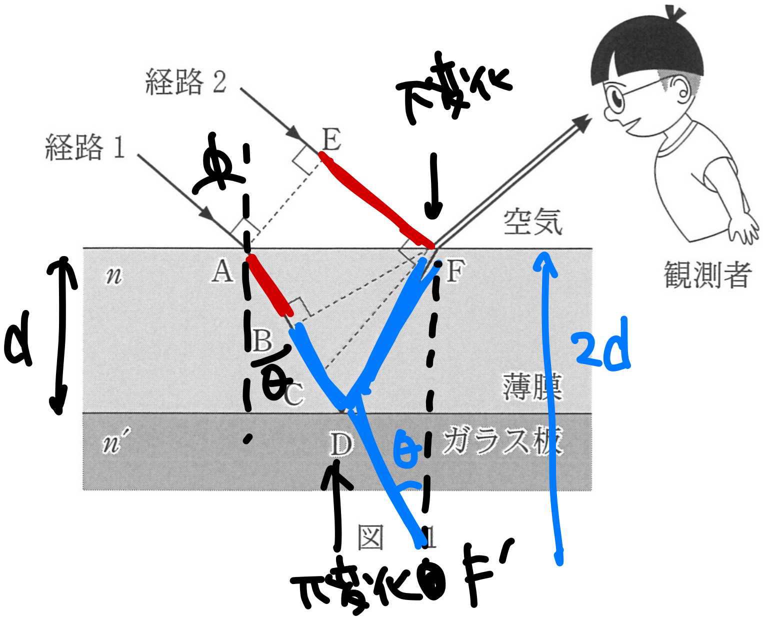


図 1

$$n(BD + DF) = 2nd\cos\theta$$

$$1 \cdot \sin\phi = n\sin\theta$$

$$\cos\theta = \sqrt{1 - \frac{\sin^2\phi}{n^2}}$$

$$2d\sqrt{n^2 - \sin^2\phi}$$

$\boxed{\quad 2 \quad}$ の解答群

① $n(\mathrm{AD} + \mathrm{DF}) = m\lambda$

② $\cancel{n(\mathrm{AD} + \mathrm{DF}) = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda}$

③ $n(\mathrm{BD} + \mathrm{DF}) = m\lambda$

④ $\cancel{n(\mathrm{BD} + \mathrm{DF}) = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda}$

⑤ $n(\mathrm{CD} + \mathrm{DF}) = m\lambda$

⑥ $\cancel{n(\mathrm{CD} + \mathrm{DF}) = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda}$

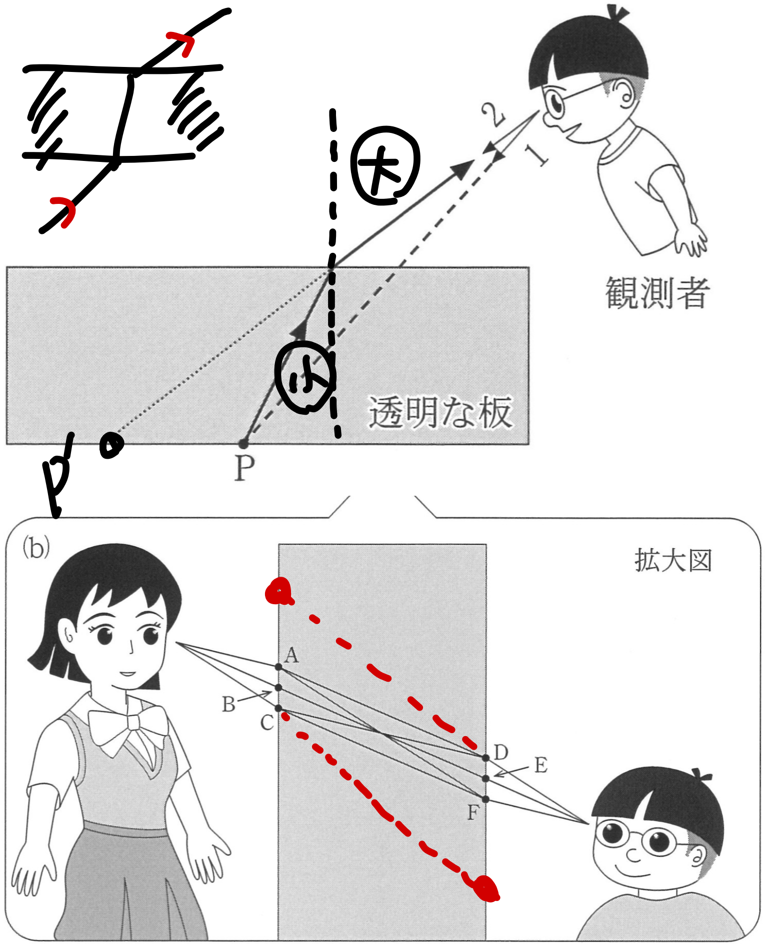


図　3

3 の解答群

	①	②	③	④	⑤
ア	A → D	A → F	B → E	C → D	C → F

4 の解答群

	①	②	③	④	⑤
イ	上にずれて	上にずれて	同じに	下にずれて	下にずれて
ウ	上にずれて	下にずれて	同じに	上にずれて	下にずれて

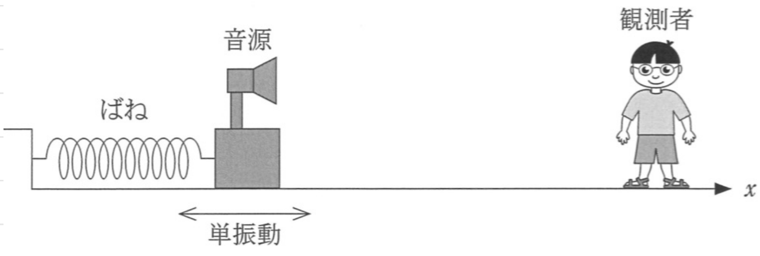


図　4

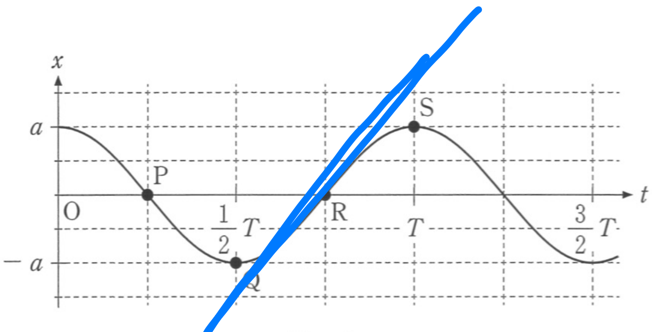


図　5

問 3　図 5 に表された音源の位置 x と時間 t の関係を表す式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $\boxed{5}$

① $x = a\sin\left(\dfrac{t}{T}\right)$　　② $x = a\sin\left(\dfrac{2\pi t}{T}\right)$

③ $x = a\sin\left(\dfrac{t}{T} + \dfrac{\pi}{2}\right)$　　④ $x = a\sin\left(\dfrac{2\pi t}{T} + \dfrac{\pi}{2}\right)$

⑤ $x = a\sin\left(\dfrac{t}{T} - \dfrac{\pi}{2}\right)$　　⑥ $x = a\sin\left(\dfrac{2\pi t}{T} - \dfrac{\pi}{2}\right)$

観測者は，音源の運動によるドップラー効果（振動数の変化）を途切れることなく観測した。図 5 の点 P，Q，R，S のうち，最も高い音として観測される音が発生する点は $\boxed{6}$ である。ただし，音源の速さは常に音速より小さく，風は吹いていないものとする。

① P　　② Q　　③ R　　④ S

$x = a\cos\dfrac{2\pi}{T}t$

$x = +a\cos\dfrac{2\pi}{T}t$

$\sin\left(\dfrac{2\pi t}{T} \pm \dfrac{\pi}{2}\right)$

$= \pm\cos\dfrac{2\pi t}{T}$

x

$v = \dfrac{d}{dt}x$

$a = \dfrac{d^2}{dt^2}x$

$f' = \dfrac{V}{V-v}f$

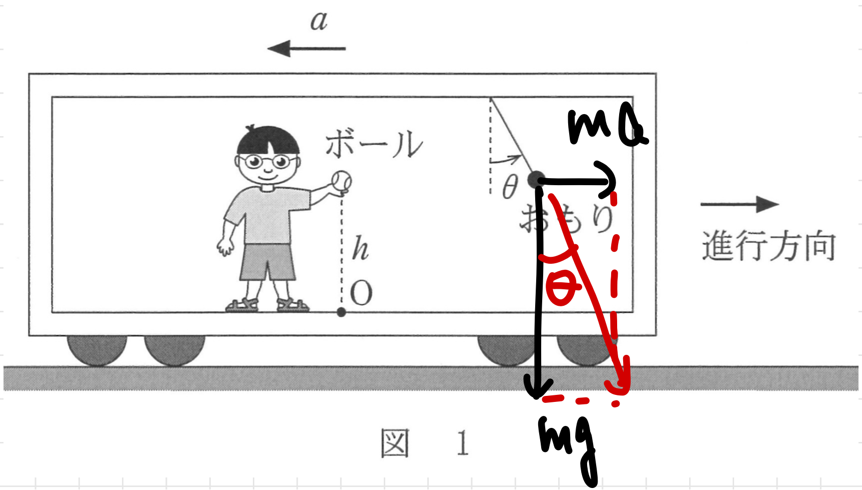


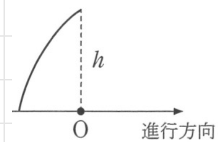
図　1

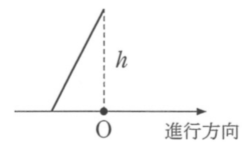
$\tan\theta = \boxed{\quad 1 \quad}$

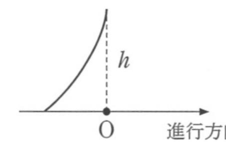
① $\dfrac{a}{\sqrt{a^2 + g^2}}$　　② $\dfrac{g}{\sqrt{a^2 + g^2}}$

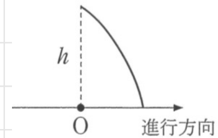
③ $\dfrac{a}{g}$　　④ $\dfrac{g}{a}$

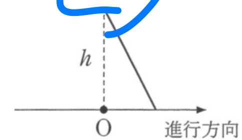
⑤ $\dfrac{\sqrt{a^2 + g^2}}{a}$　　⑥ $\dfrac{\sqrt{a^2 + g^2}}{g}$

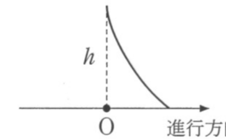
①


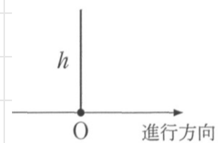
②


③


④


⑤


⑥


⑦


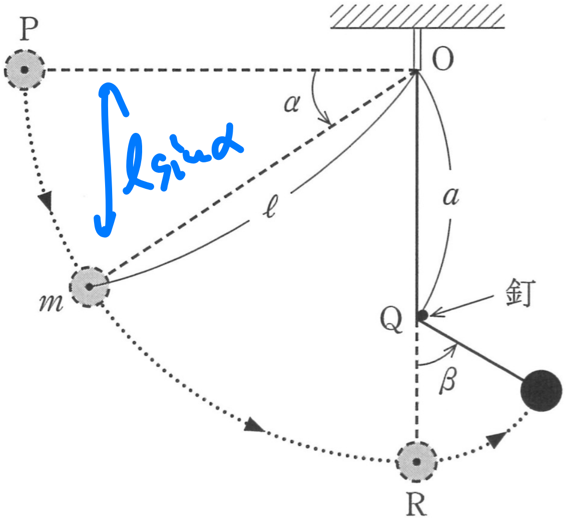
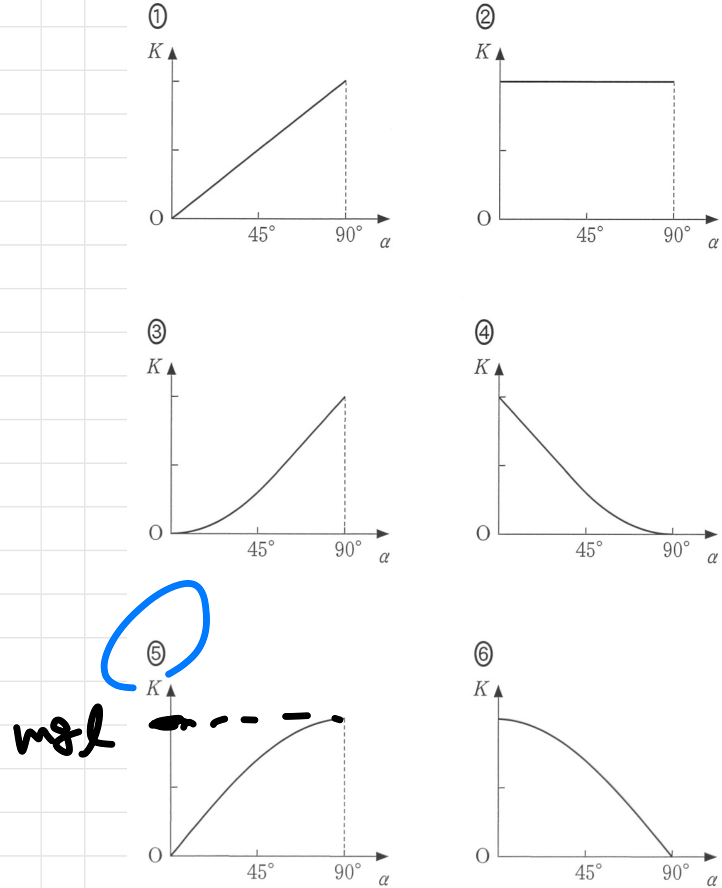


図　2

$$K(\alpha) = \frac{1}{2} m v^2(\alpha)$$

$$= mg\ell \sin\alpha$$



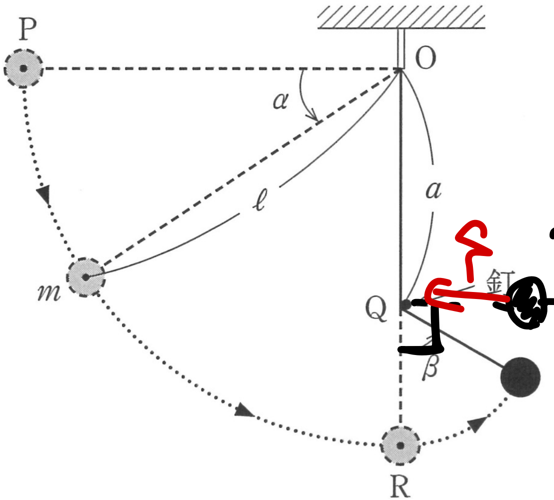


図　2

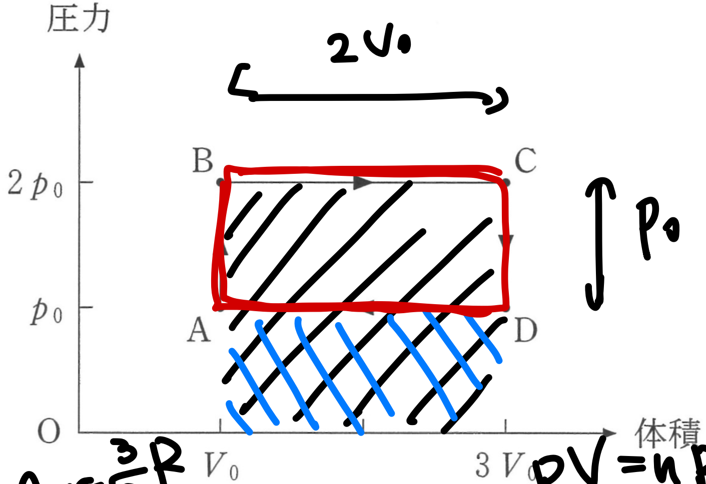
$$= m\frac{v^2}{\ell-a} = \frac{mv^2}{2}\times\frac{2}{\ell-a}$$

mga

問 4　小球が点 R を通過後 $\beta = 90°$ となったとき，糸の張力の大きさを表す式として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $\boxed{4}$

① $\dfrac{(\ell-a)mg}{2a}$　　② $\dfrac{(\ell-a)mg}{a}$　　③ $\dfrac{2(\ell-a)mg}{a}$

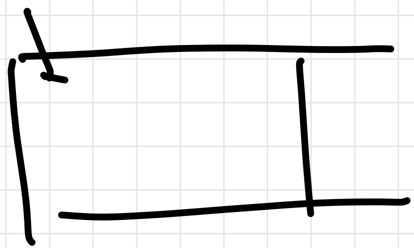
④ $\dfrac{amg}{2(\ell-a)}$　　⑤ $\dfrac{amg}{\ell-a}$　　⑥ $\dfrac{2amg}{\ell-a}$



$C_V = \frac{3}{2}R$ $PV = nRT$

図 1

単原子分子 理想気体



気体分子運動論

↓

$p_0 \to 2p_0$

v 大

$\to \frac{1}{2}mv^2$ 大 $= kT \propto U$

過程 A→B では，気体が熱を $\boxed{ア}$ ，気体の内部エネルギーは $\boxed{イ}$ 。

	ア	イ
①	外部から吸収し	増加する
②	外部から吸収し	変化しない
③	外部から吸収し	減少する
④	外部に放出し	増加する
⑤	外部に放出し	変化しない
⑥	外部に放出し	減少する

問 2 過程 A→B→C→D→A の間に，気体が外部にした仕事の総和として正しいものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。 $\boxed{2}$

① 0 ② p_0V_0 ③ $2p_0V_0$

④ $3p_0V_0$ ⑤ $4p_0V_0$ ⑥ $6p_0V_0$

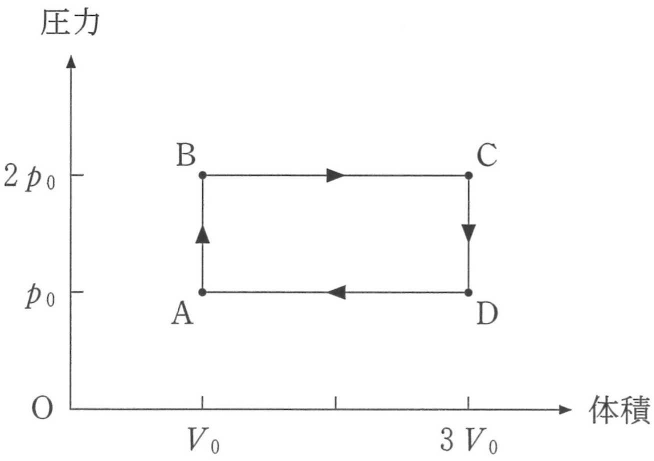
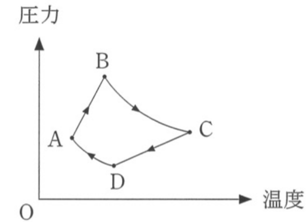
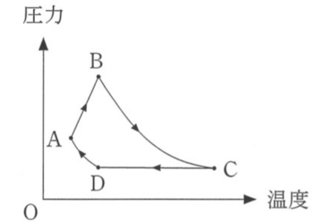


図　1

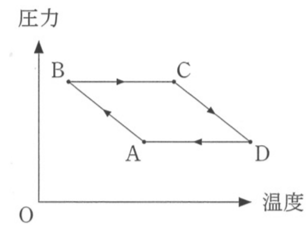
①



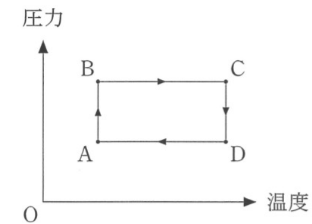
②



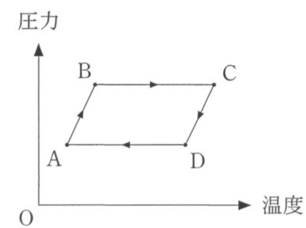
③



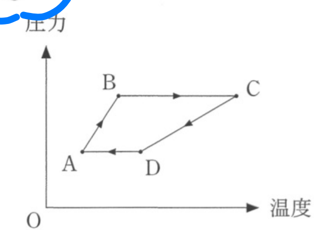
④



⑤



⑥



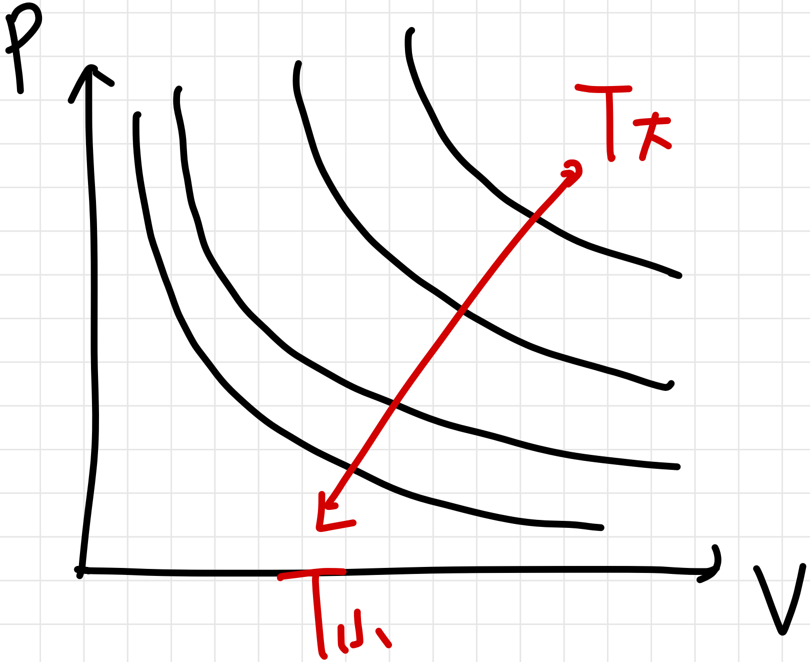
$PV = nRT$

$A \to B$.

$P = kT$

$B \to C$

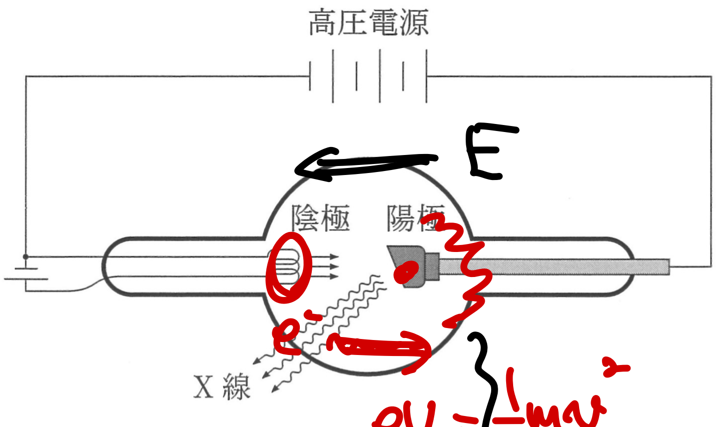
一定 $P = \dfrac{nRT}{V}$



$$pV = nRT$$

T: 一定

$$p = \frac{nRT}{V}$$



$eV = \frac{1}{2}mv^2$

$h\nu$

図　1

陰極から飛び出した電子は，電圧 V で加速され陽極に衝突する。この電子が衝突直前に持っている運動エネルギーは，$E =$ $\boxed{\text{ア}}$ であるから，陽極から出る X 線の振動数の最大値 ν_0 は，$\nu_0 =$ $\boxed{\text{イ}}$ である。ただし，陰極から飛び出した電子の初速度の大きさは十分小さいとする。

	ア	イ
①	eV	$\frac{E}{h}$
②	eV	$\frac{h}{E}$
③	mc^2	$\frac{E}{h}$
④	mc^2	$\frac{h}{E}$
⑤	$\frac{1}{2}mc^2$	$\frac{E}{h}$
⑥	$\frac{1}{2}mc^2$	$\frac{h}{E}$

$\lambda_{min} = \frac{ch}{eV}$

$E = h\nu$

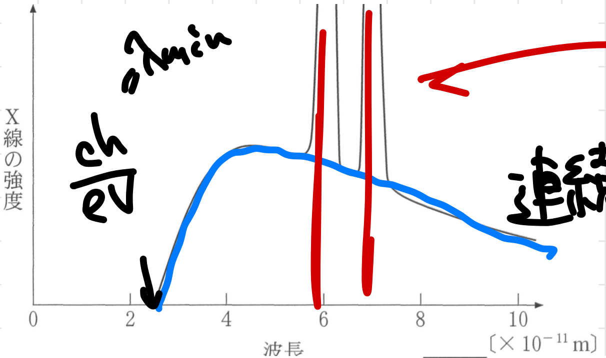
$\nu = \frac{E}{h}$

X線：光

$c = \nu\lambda$ (波の式)

$\nu = \frac{c}{\lambda}$

$\nu_{max} = \frac{c}{\lambda_{min}} = \frac{\overset{eV}{E}}{h}$



特性X線

連続X線

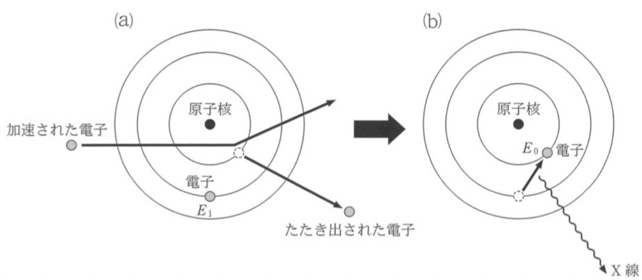
陽極に依存

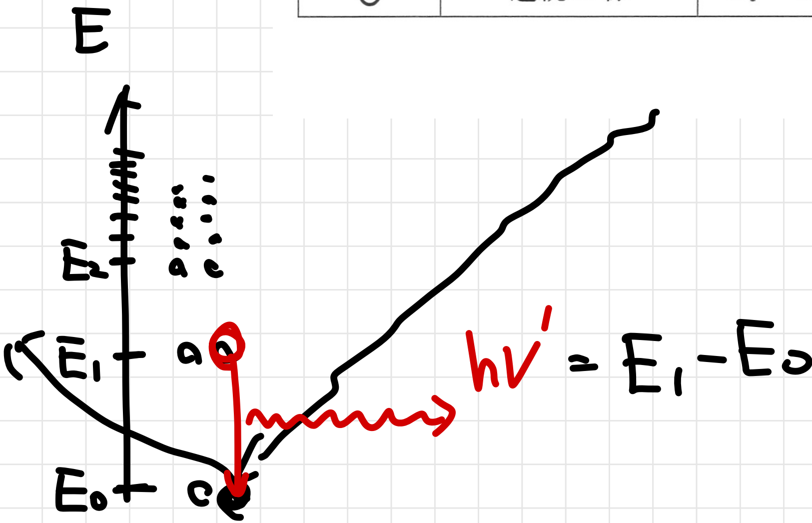
	ウ	エ
①	特性(固有)X 線	E_1
②	特性(固有)X 線	$E_1 - E_0$
③	特性(固有)X 線	$E_1 + eV$
④	特性(固有)X 線	$E_1 - E_0 + eV$
⑤	連続 X 線	E_1
⑥	連続 X 線	$E_1 - E_0$
⑦	連続 X 線	$E_1 + eV$
⑧	連続 X 線	$E_1 - E_0 + eV$

図 2 に観測される鋭いピーク部分の X 線を［ウ］と呼ぶ。この［ウ］は次のような仕組みで発生する。

はじめに，図 3 (a)のように高電圧で加速された電子が陽極の金属原子と衝突して，エネルギー準位 E_0 をもつ内側の軌道の電子がたたき出される。次に，図 3 (b)のようにエネルギー準位 E_1 をもつ外側の軌道にある電子が内側の空いた軌道へ落ち込み，X 線が放出される。放出される X 線のエネルギーは E_X = ［エ］となる。この X 線の放出現象は，ボーアによって説明された水素原子からの光の放出と同じ現象である。

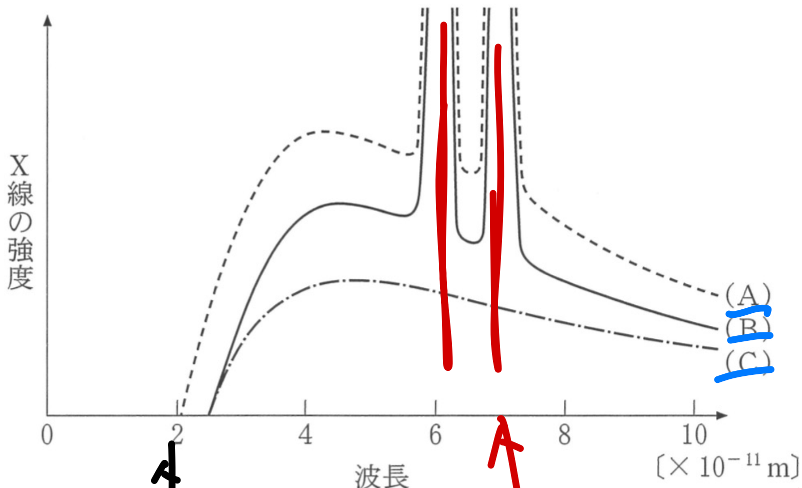
原子核のまわりを運動する電子のエネルギー準位は，原子番号によって異なるので，E_X は元素ごとに違う値になる。





陽極金属の種類や加速電圧 V を変えて，X 線を測定したところ，図 4 のような三つの X 線スペクトル(A)，(B)，(C)が得られた。

同じ加速電圧を用いて得られたスペクトルの組合せは $\boxed{\text{オ}}$ であり，同じ陽極金属を用いて得られたスペクトルの組合せは $\boxed{\text{カ}}$ である。



$\frac{ch}{eV}$

陽極の性質に依る

	オ	カ
①	(A)と(B)	(A)と(C)
②	(A)と(B)	(B)と(C)
③	(A)と(C)	(A)と(B)
④	(A)と(C)	(B)と(C)
⑤	(B)と(C)	(A)と(B)
⑥	(B)と(C)	(A)と(C)

水素原子の
エネルギー準位の導出

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{ [eV]}$$