

物 理 301 その1

第1問 図1のように、水平な床と角 α をなすなめらかな斜面があり、斜面と床の境界線を x 軸、 x 軸と直角に斜面に沿って上向きに y 軸をとる。座標原点 O から、質量 m [kg]の小物体を斜面に沿って x 軸と角 θ をなす方向に初速 v_0 [m/s]で投げ出す。重力加速度を g [m/s²]とし、空気抵抗は無視できるものとする。

A まず、角 θ を 90° にして y 軸方向に初速 v_0 で投げ出したところ、最高点に達したのち再び点 O にもどった。

問1 重力加速度の y 軸方向の成分はいくらか。

[式と計算]

答	$-g \sin \alpha$ [m/s ²]
---	--------------------------------------

$m a_y = -m g \sin \alpha$
 $\Rightarrow a_y = -g \sin \alpha$

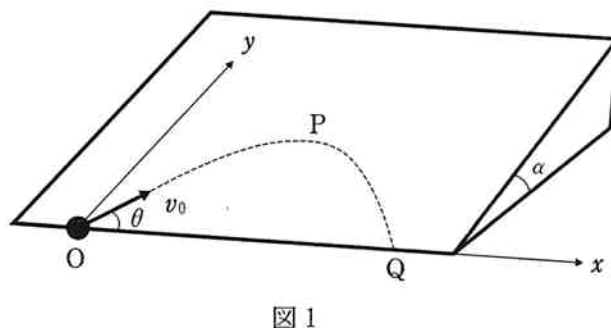


図1

問2 小物体が y 軸方向の最高点に達するまでに要する時間を求めよ。

[式と計算]

$$v_y = v_0 - g \sin \alpha \cdot t_1 = 0$$

$$\Rightarrow t_1 = \frac{v_0}{g \sin \alpha}$$

答	$\frac{v_0}{g \sin \alpha}$ [s]
---	---------------------------------

問3 床を位置エネルギーの基準として、最高点での重力による位置エネルギーを求めよ。

[式と計算] 力学のエネルギー保存則より
 最高点の位置エネルギー = 原点での運動エネルギー
 $= \frac{1}{2} m v_0^2$

答	$\frac{1}{2} m v_0^2$ [J]
---	---------------------------

B 次に、角 θ を 30° にして初速 v_0 で投げ出したところ、図1のように放物線の頂点 P を経て x 軸上の点 Q に落下した。

問4 点 O から落下点 Q までの距離 OQ を求めよ。

[式と計算]

$$OQ = 2 \times (v_0 \cos 30^\circ \times \frac{v_0 \sin 30^\circ}{g \sin \alpha})$$

$$= \frac{\sqrt{3} v_0^2}{2 g \sin \alpha}$$

答	$\frac{\sqrt{3} v_0^2}{2 g \sin \alpha}$ [m]
---	--

問5 頂点 P での小物体の運動エネルギーはいくらか。

[式と計算]

$$\frac{1}{2} m v_x^2 = \frac{1}{2} m (v_0 \cos 30^\circ)^2$$

$$= \frac{3 m v_0^2}{8}$$

答	$\frac{3}{8} m v_0^2$ [J]
---	---------------------------

C 図2のように、斜面の一部を動摩擦係数 μ' のあらい面に置きかえた。点 O からこの小物体を初速 v_0 、ある角 θ で投げ出したところ、小物体は頂点 P からあらい面に入り、 x 軸と平行に距離 s [m]だけすべり静止した。

問6 小物体に働く斜面からの垂直抗力の大きさはいくらか。

[式と計算]

垂直抗力 N と、重力 mg
 の斜面に垂直な方向の力のつりあいの式 $\Rightarrow N = mg \cos \alpha$

答	$mg \cos \alpha$
---	------------------

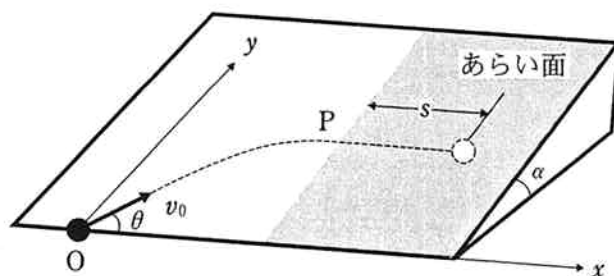


図2

問7 あらい面上を進んだ距離 s を求めよ。

[式と計算]

$m a_x = -\mu' \cdot mg \cos \alpha$
 $\Rightarrow a_x = -\mu' g \cos \alpha$
 $0^2 - (v_0 \cos 30^\circ)^2 = 2(-\mu' g \cos \alpha) \times s$
 $\therefore s = \frac{(\frac{\sqrt{3}}{2} v_0)^2}{2 \mu' g \cos \alpha} = \frac{3 v_0^2}{8 \mu' g \cos \alpha}$

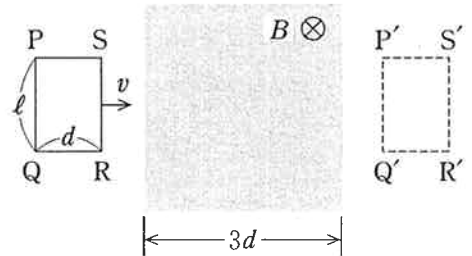
答	$\frac{3 v_0^2}{8 \mu' g \cos \alpha}$ [m]
---	--

答	$\frac{3 v_0^2}{8 \mu' g \cos \alpha}$ [m]
---	--

小計	点
----	---

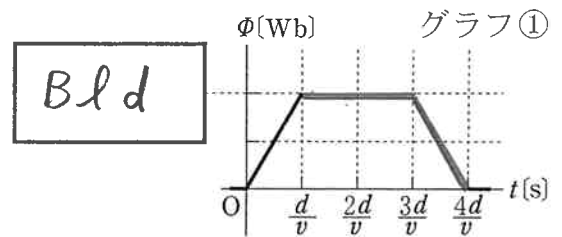
物 理 3 0 1 そ の 2

第2問 図のように、幅 $3d$ [m] の領域の内側に、紙面に垂直で表から裏へ向かう磁束密度 B [Wb/m²] の一様な磁界(磁場)がかかっている。抵抗 r [Ω]、辺の長さ ℓ [m]、 d [m] の長方形コイル PQRS を図の位置から P'Q'R'S' の位置まで、一定の速さ v [m/s] で動かし磁界を通過させた。グラフ①～④は、コイルの辺 RS が磁界に入り始めてから t [s] 後の問 1～4 の各量の値を示し、その時間変化の一部は実線で記入されている。コイルの自己誘導は無視する。



問 1 グラフ①は、コイルを貫く磁束 Φ [Wb] の時間変化を示している。グラフを完成させよ。また、時刻が $\frac{d}{v}$ [s] のときの Φ の値を 内に記入せよ。

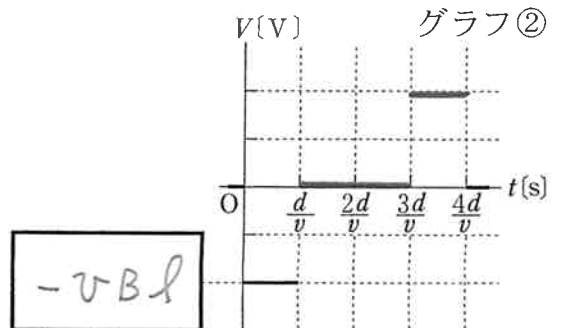
$\Phi = B \cdot (v \cdot t \times \ell) = v B \ell \cdot t$
 [式と計算] $t = \frac{d}{v}$ のとき $\Phi = B \ell d$



問 2 グラフ②は、コイルに発生する誘導起電力 V [V] の時間変化を、 Φ が増加するときを負の値として示したものである。グラフを完成させよ。

また、 $0 < t < \frac{d}{v}$ のときの V の値を 内に記入せよ。

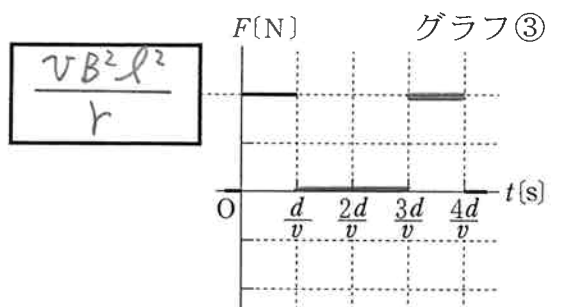
[式と計算] $V = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -v B \ell$



問 3 グラフ③は、コイルの速さ v [m/s] を一定に保つために加えなければならない力 F [N] の時間変化を示している。グラフを完成させよ。また、 $0 < t < \frac{d}{v}$ のときの F の値を 内に記入せよ。

[式と計算] $I = \frac{v B \ell}{r}$, $\therefore F = \frac{v B^2 \ell^2}{r}$

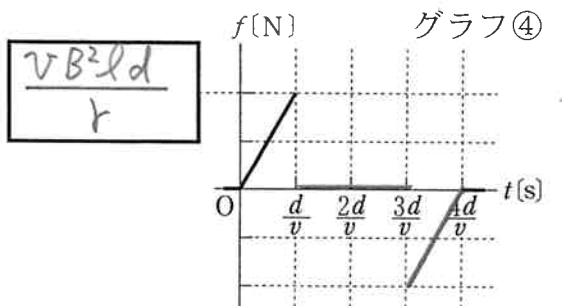
外力(F) = 電磁力($\ell I B$)



問 4 グラフ④は、辺 PS が磁界から受ける力 f [N] の時間変化を、辺 QR に向かう向きを正として示したものである。グラフを完成させよ。また、時刻が $\frac{d}{v}$ [s] のときの f の値を 内に記入せよ。

[式と計算] $f = (v \cdot t) \cdot I \cdot B = \frac{v^2 B^2 \ell}{r} \cdot t$

$t = \frac{d}{v}$ を代入して $f = \frac{v B^2 \ell d}{r}$



問 5 時刻が $0 < t < \frac{d}{v}$ のとき、誘導起電力によってコイルに流れる電流は何 A か。また、その向きは P→Q、Q→P のいずれか。正しい方を でかこめ。

[式と計算] $I = \frac{V}{r} = \frac{v B \ell}{r} \text{ (P} \rightarrow \text{Q)}$

答	電流	$\frac{v B \ell}{r}$ [A]	向き	P→Q Q→P
---	----	--------------------------	----	---

問 6 コイルが磁界を通過する間にコイルに発生したジュール熱を求めよ。

[式と計算]

$$2 r I^2 \times \frac{2d}{v} = \frac{4 v B^2 \ell^2 d}{r}$$

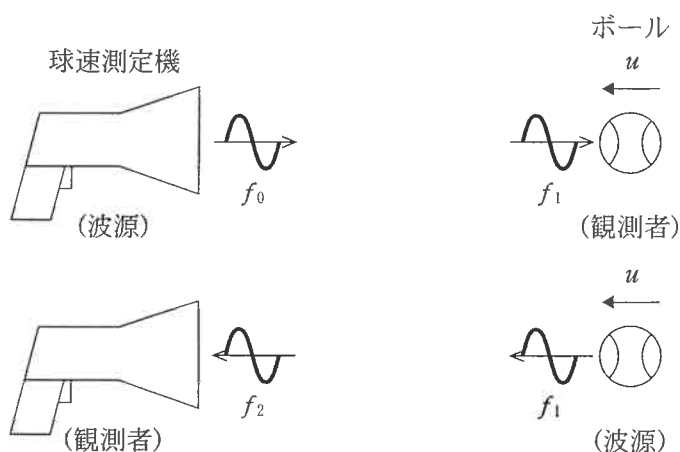
答	$\frac{4 v B^2 \ell^2 d}{r}$ [J]
---	----------------------------------

小 計	点
-----	---

物 理 3 0 1 そ の 3

第3問 次の文章の { } 中の正しい語句または数式を選んで ○ でかこみ、問1～5に答えよ。

A プロ野球などで、投手が投げるボールの速さを測定する球速測定機(スピードガン)は、波のドップラー効果を利用したもので、電波(電磁波)を用いて投手の球速を瞬時に測定することができる。ドップラー効果は音波において日常的に経験される現象であるが、すべての波に共通する現象である。



まず、電波のかわりに音波に対するドップラー効果について考えてみよう。ボールの速さを u [m/s]、音の速さを V [m/s] とする。球速測定機をボールが近づく向きに向けて振動数 f_0 [Hz] の音波を発射すると、ボールに当たって反射し、測定

機にもどってくる。ボールが受けとる波の振動数 f_1 [Hz] は、観測者が波源に近づく場合に相当するから、もとの波の振動数 f_0 { よりも高く } と等しく、よりも低く } なる。この振動数 f_1 の波がボールで反射されて測定機にもどってきたとき、観測される波の振動数 f_2 [Hz] は、波源が観測者に近づく場合に相当するから、振動数 f_1 { よりも高く } と等しく、よりも低く } なる。球速測定機では、発射された波ともどってきた波とが { 共鳴, 干渉, 回折, 散乱, 屈折 } してできるうなりの1秒間あたりの回数 { $f_1 - f_0$, $f_2 - f_0$, $f_2 - f_1$, $f_0 - f_1$, $f_0 - f_2$, $f_1 - f_2$ } から、ボールの速さを計算している。

問1 f_1 を、 f_0 と V と u を用いて表せ。

[式と計算] 省略

答	$f_1 = \frac{V+u}{V} f_0$ [Hz]
---	--------------------------------

問2 f_2 を、 f_1 と V と u を用いて表せ。

[式と計算] 省略

答	$f_2 = \frac{V}{V-u} f_1$ [Hz]
---	--------------------------------

問3 f_2 を、 f_0 と V と u を用いて表せ。

[式と計算] $f_2 = \frac{V}{V-u} \cdot \frac{V+u}{V} f_0 = \frac{V+u}{V-u} f_0$

答	$f_2 = \frac{V+u}{V-u} f_0$ [Hz]
---	----------------------------------

B 次に、実際の球速測定機で利用されている電波のドップラー効果について考えよう。この場合には、問3の式で音速 V [m/s] を電波の伝わる速さである光速 c [m/s] に置きかえればよい。光速に比べてボールの速さ u は十分小さいので、 u と c の比 $\frac{u}{c}$ を x とおくと x が1に比べて十分小さくなり、 $(1+x)^n \approx 1+nx$ の近似式を用いることができる。したがって、球速測定機から発射された電波と、ボールで反射して球速測定機にもどってきた電波との1秒間あたりのうなりの回数は、 $\{f_0$ と c , f_0 と u , c と $u\}$ に比例することになる。

問4 球速測定機の電波の振動数 f_0 を 1.0×10^{10} Hz、空気中の光速 c を 3.0×10^8 m/s とし、この電波の波長を求めよ。

[式と計算] $\lambda = \frac{c}{f_0} = \frac{3.0 \times 10^8}{1.0 \times 10^{10}} = 3.0 \times 10^{-2}$

答	3.0×10^{-2} [m]
---	--------------------------

問5 ある投手の投げたボールに、この球速測定機を用いて電波を当てたところ、1秒間あたりのうなりの回数は3000回であった。ボールの速さはいくらか。

[式と計算] $V \rightarrow c$ とおくと $f_2 = \frac{c+u}{c-u} f_0$
 $f_2 - f_0 = \frac{2u}{1-x} f_0 = 2x(1-x)^{-1} f_0 \approx 2x(1+x)f_0$

答	45 [m]
---	--------

$x^2 \ll 1$ なの1 2次の項を無視1 $f_2 - f_0 = \frac{2u}{c} f_0$

小 計	点
-----	---

数値を代入1 $3000 = \frac{2u}{3.0 \times 10^8} \times 1.0 \times 10^{10}$

$\therefore u = 45$ [m]

物 理 301 その 4

第4問 次の文章(1)～(10)において、下線部分に間違っている箇所があれば例にならって誤りを正し、なければ○を解答欄に記入せよ。

(例) 原子核は陽子と電子から構成されている。

答	電 子 → 中性子
---	-----------

(1) 負に帯電したはく検電器の上によくみがいた亜鉛板をのせ、これに殺菌灯の紫外線を当てるとはくは開いたままである。

答	開いたままである → 急速に閉じる
---	-------------------

(2) 夜空の星はきらめいて見える。これは、大気の大気の温度のゆらぎにより光の屈折のしかたが変化するためである。

答	温度 → 密度
---	---------

(3) 電子顕微鏡を用いると、結晶の細かい構造が見える。これは、電子がX線程度の短い波長をもつ波としての性質をもつためである。

答	○
---	---

(4) よくみがいた金属板に光を当てると、金属板から電子が飛び出す。この現象は、光の波長がある値より長いときに起こる。

答	長い → 短い
---	---------

(5) X線を物質に当てると、散乱されたX線には入射X線より波長が長いものがある。この現象は、X線が波動性をもつことで説明できる。

答	波動性 → 粒子性
---	-----------

(6) 星空を見上げると、瞬時に遠い星を見ることができる。これは、眼で光の波動性による光電効果が起きているからである。

答	波動性 → 粒子性
---	-----------

(7) 乾燥した冬の日にはセーターなどを脱ぐとき、静電気が発生する。これは摩擦により原子中の陽子がはぎ取られて帯電するためである。

答	陽子 → 電子
---	---------

(8) 原子中の電子のエネルギーはとびとびの値をもち、エネルギーの高い状態から低い状態へ移るときに光が放出される。このため、原子からの光は線スペクトルを示す。

答	○
---	---

(9) 原子核中の陽子どうしは電氣的な強い斥力で反発しあうが、それにまさる引力である万有引力により原子核は安定になる。

答	万有引力 → 核力
---	-----------

(10) 原子核の核子1個あたりの結合エネルギーは鉄付近の同位体で最小値をもち、原子核が最も安定になる。

答	最小値 → 最大値
---	-----------

小 計	点
-----	---

