2013（H25）年度 新潟大学　理系前期　入学試験　物理解説

$\boxed{1}$注意　全学部受験者用

＜解答＞

問１

(1)

運動量保存の法則により，$mv_0=Mv$，したがって$v=\dfrac{m}{M}v_0$　（答）

(2)

反発係数 $e=\left|\dfrac{0-v}{v_0-0}\right|=\dfrac{v}{v_0}=\dfrac{m}{M}$　（答）

(3)

衝突直前の小物体Ａの運動エネルギーは，$K_0=\dfrac{1}{2}mv_0{}^2$

衝突直後の小物体Ｂの運動エネルギーは，$K=\dfrac{1}{2}Mv^2$

したがって，$\dfrac{K}{K_0}=\dfrac{Mv^2}{mv_0{}^2}=\dfrac{1}{e}e^2=e$

(4)

小物体Ｂと床との動摩擦力は，$\mu' Mg$

距離l 進んで，動摩擦力によって失うエネルギーは，$\mu' Mgl$

エネルギー保存の法則により，これが小物体Ｂの衝突直後の運動エネルギーに等しいから，

$K=\dfrac{1}{2}Mv^2=\dfrac{1}{2}emv_0{}^2=\mu' Mgl$，したがって$l=\dfrac{emv_0{}^2}{2\mu' Mg}=\dfrac{e^2v_0{}^2}{2\mu' g}$　（答）

ただし，ここで(2)の結果，$e=\dfrac{m}{M}$を用いた。

問２

(1)

小物体Ａ，Ｃの衝突後の速さをそれぞれv_A'，v_C'とする。

運動量保存の法則により，$mv_0=mv_A'+mv_C'$，したがって，$v_0=v_A'+v_C'$　①

弾性衝突だから，反発係数は，$1=e=\dfrac{|v_A'-v_C'|}{|v_0|}=\dfrac{v_C'-v_A'}{v_0}$　②

①，②より，$v_C'=v_0$，$v_A'=0$　（答）

(2)

運動量の保存の法則により，$mv_0=mV+mV$，したがって$V=\dfrac{v_0}{2}$　（答）

(3)

$K_0=\dfrac{1}{2}mv_0{}^2$，$K'=\dfrac{1}{2}mV^2+\dfrac{1}{2}mV^2=mV^2=m\left(\dfrac{v_0}{2}\right)^2=\dfrac{1}{4}mv_0{}^2=\dfrac{1}{2}K_0$

したがって，$\dfrac{1}{2}$倍　（答）

⑷

エネルギー保存の法則により，$\frac{1}{2}kd^2=K_0-K'=\frac{1}{4}m{v_0}^2$

したがって，$d=\sqrt{\frac{m}{2k}}\,v_0$　（答）

＜解説＞

問１

⑴

衝突前は物体Ｂは静止しており，衝突後は物体Ａは静止した。

⑵

反発係数（はねかえり係数）の定義は覚えていなければならない。物体Ａ，Ｂの衝突前の速さを，v_1，v_2，衝突後の速さを${v_1}'$，${v_2}'$とする。教科書に記載されているように，

反発係数は，$e=\frac{|{v_1}'-{v_2}'|}{|v_1-v_2|}$

⑶

Ａ，Ｂの運動エネルギーを計算して，その比を求めれば良い。

⑷

床との間に摩擦があるので，物体Ｂは減速して停止する。動摩擦力は一定だから，（動摩擦力×移動距離）が失うエネルギーである。エネルギー保存の法則により，これが物体Ｂの衝突後の運動エネルギーに等しい。

問２

⑴

運動量保存の法則と弾性衝突における反発係数の関係の二つを適用して，衝突後の両物体の速さを求める。

⑵

解答は簡単だが，運動量保存の法則を本質的に理解していないと，物理過程を含めて説明することが難しい問題である。

微小時間Δtで，物体Ｃの速さがv_0からVへ，物体Ｄの速さが0からVへ変化したとする。すると，物体Ｃについて，運動量変化$mV-mv_0=-F_C\Delta t$，一方物体Ｄについて運動量変化$mV-0=F_D\Delta t$。

ここで，F_C，F_Dはばねが物体に及ぼす力で微小時間Δtで一定とする。向きは逆だが，$F_C=F_D$である。したがって，$mV-mv_0=-mV$となって，運動量保存の法則 $mv_0=mV+mV$が成立する。

⑷

物体Ａがもっていた運動エネルギーK_0は，物体Ｃ，Ｄの運動エネルギー（合わせてK'）とばねの弾性エネルギー（位置エネルギー）に変換される。これらにエネルギーの保存の法則を適用すれば良い。

$\boxed{2}$ 注意　教育学部，理学部（数学科・物理学科・生物学科・地質科学科・自然環境科学科）
および工学部受験者用

＜解答＞

［1］

問1

$\phi = a(vt-a)B$　（答）

問2

起電圧$V = \dfrac{d\phi}{dt} = avB$，したがって$I = \dfrac{V}{R} = \dfrac{avB}{R}$　（答）

問3

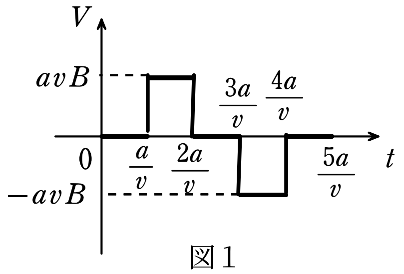

図1

問4

単位時間当たりの発生ジュール熱は，$I^2R = \dfrac{a^2v^2B^2}{R}$，発生時間は$\dfrac{2a}{v}$だから

発生するジュール熱の総量は，$U = \dfrac{2a^3vB^2}{R}$　（答）

＜解説＞

問1

コイルABCDが含む磁場の面積を計算すれば良い。$\dfrac{a}{v} \leqq t \leqq \dfrac{2a}{v}$のとき，$0 \leqq vt-a \leqq a$だから，

コイルが含む磁場の面積は$a(vt-a)$

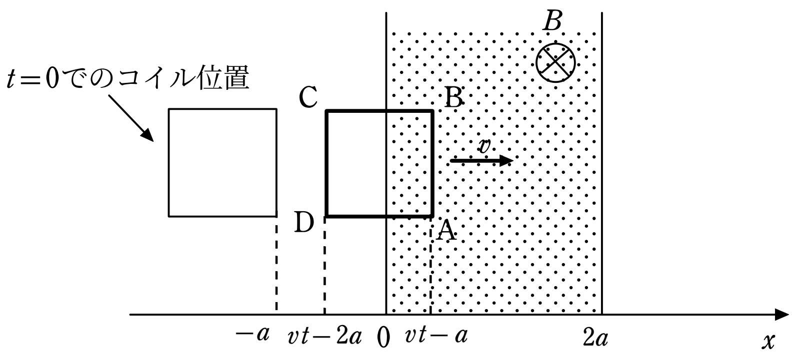

図2

問2

起電力の電圧はコイルを貫く磁束の時間変化に等しい。電流はオームの法則によって求めれば良い。電流は磁束の変化を妨げるように流れるので，紙面上向きに磁束が発生する向き，すなわちABCDの向きである。

問３

コイルが含む磁場の面積とコイルの位置との関係を求める。

$0 \leqq t < \frac{a}{v}$ において $\phi=0$，したがって $V=\frac{d\phi}{dt}=0$

$\frac{a}{v} \leqq t < \frac{2a}{v}$ において $\phi=a\times(vt-a)B$，したがって $V=\frac{d\phi}{dt}=avB$

$\frac{2a}{v} \leqq t < \frac{3a}{v}$ において $\phi=a^2B$，したがって $V=\frac{d\phi}{dt}=0$

$\frac{3a}{v} \leqq t < \frac{4a}{v}$ において $\phi=a^2B-a\times(vt-3a)B$，したがって $V=\frac{d\phi}{dt}=-avB$

$\frac{4a}{v} \leqq t \leqq \frac{5a}{v}$ において $\phi=0$，したがって $V=\frac{d\phi}{dt}=0$

問４

$U=$（単位時間当たりの発生ジュール熱）×（電流が流れる時間）

［２］

＜解答＞

問１

スイッチS_2を閉じた瞬間，コイルＬによる逆起電力によって，抵抗R_2，コイルＬには電流が流れないので，$I_1=\frac{V}{R_1}$　（答）

問２

抵抗R_1を流れる電流が$\frac{V}{R_1}$，抵抗R_2を流れる電流が$\frac{V}{R_2}$だから，

$I_2=\frac{V}{R_1}+\frac{V}{R_2}$　（答）

問３

コイルLに流れる電流は$\frac{V}{R_2}$だから，$E_L=\frac{1}{2}L\left(\frac{V}{R_2}\right)^2$　（答）

問４

コイルに蓄積された電気エネルギーはコンデンサーに充電される。

電荷が最大になった場合にコンデンサーに蓄積されるエネルギーはコイルに蓄積されていたエネルギーに等しくなる。

したがって，コンデンサーに蓄積されるエネルギーは，$\frac{{Q_{max}}^2}{2C}=E_L=\frac{1}{2}L\left(\frac{V}{R_2}\right)^2$

$Q_{max}=\frac{V}{R_2}\sqrt{CL}$　（答）

問５

コイルLに電流が流れなくなったということは，コイルに蓄積されていたエネルギーが抵抗R_1，R_2によって消費されたということである。両抵抗に流れる電流は常に同じだから，それぞれの抵抗で消費されてジュール熱になる割合は抵抗値に比例する。

したがって，抵抗R_2によって消費される　エネルギーは

$$E_J=\frac{R_2}{R_1+R_2}E_L=\frac{LV^2}{2R_2(R_1+R_2)}$$　（答）

＜解説＞

Ｒ，Ｌ，Cを含む電気回路の問題。煩瑣な計算などを必要としない基本的な問題である。

問１

スイッチS_2を閉じた瞬間，抵抗R_2，コイルLに電流が流れる。コイルに流れる電流変化によってコイルに逆起電力が発生して電流の流れを止めてしまう。したがって，スイッチS_2を閉じた瞬間，スイッチS_1には閉じる前の電流と同じ電流が流れている。

問２

しだいにコイルを流れる電流の変化が小さくなる。したがって，逆起電力が小さくなるので，電流が増加して，一定値に落ち着く。

問３

コイルに蓄えられるエネルギーは，教科書に掲載されている公式を覚えていなければならない。

問４

コイルとコンデンサーの間で電流が振動的に流れる。つまりコイルからコンデンサーに電流が流れコンデンサーに充電される。コイルのエネルギーが無くなると、今度はコンデンサーからコイルに電流が流れる。コイルのエネルギーがすべてコンデンサーのエネルギーになったときが，コンデンサーの電気量が最大になるときである。

問５

この問題では，コイルやコンデンサーには抵抗がないので，問４の回路では，電流はコイルとコンデンサーの間を振動的に流れている。しかしスイッチS_2を閉じると，抵抗R_1，R_2に電流が流れて，消費されてしまう。コイルLには電流が流れなくなったということは，蓄積されていたエネルギーがすべて消費され，抵抗にも電流が流れていない。エネルギーは抵抗のジュール熱となって消費される。抵抗R_1，R_2には同じ電流が流れているから，消費されるエネルギーの割合は抵抗値に比例する。

$\boxed{3}$　注意　理学部（数学科・物理学科・生物学科・地質科学科・自然環境科学科）

医学部，歯学部および農学部受験者用

＜解答＞

問１

①　$d\sin\theta$　　②　$\frac{\lambda}{d}$　　③　$\frac{d}{3}$　　④　$\frac{d}{2}$　　⑤　$4\lambda_1$　　⑥　7

問２

(1)

$d\sin\theta-d\sin\phi=d(\sin\theta-\sin\phi)=m\lambda$　①

(2)

問題図２を参照すると，回折角θの絶対値が大きくなるほど明線の条件を満足するための$\sin\theta$を与えるθの変化量が大きくなる。すなわち，入射光の角度を0°から微小角度$\Delta\phi$変化したとき，明線の条件を与えるθは，θが大きいほど大きく変化する。明線の移動距離は角度変化が大きいほど大きいから，明線の移動距離の大きな順は，

ア　オ　イ　エ　ウ

(3)

$\frac{1}{2}d=2\lambda_1$，したがって，$\lambda_1=\frac{d}{4}$

$m=1$の明線が移動して，$\theta=30°$の位置に来たと考えられる。

$d(\sin 30°-\sin\phi_1)=\lambda_1$，したがって，$\sin 30°-\sin\phi_1=\frac{1}{2}-\sin\phi_1=\frac{1}{4}$，$\sin\phi_1=\frac{1}{4}$　（答）

＜解説＞

回折格子による光の回折の問題。

問１

①

図３のように，隣り合うスリットからの回折光には，$d\sin\theta$ の光路差がある。

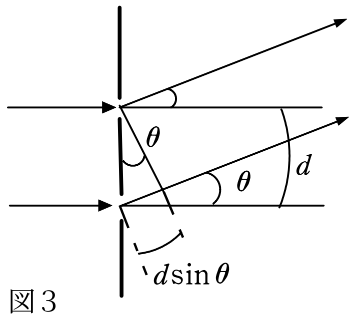

図３

②

光路差が波長の整数倍になったときに，干渉によって強めあって明線が観測される。すなわち，$d\sin\theta=m\lambda$

③，④

$m=2$に相当する明線が観測され，$m=3$に相当する明線は観測されない。

したがって，$m=2$に相当する明線が観測されるので，$\sin\theta=\frac{2\lambda}{d}<1$

$m=3$に相当する明線は観測されないので，$\sin\theta=\frac{3\lambda}{d}\geqq 1$，したがって，$\frac{d}{3}\leqq\lambda<\frac{d}{2}$

⑤

$\sin 30°=\frac{1}{2}=\frac{2\lambda_1}{d}$だから，$d=4\lambda_1$

⑥

$d\sin\theta=4\lambda_1\sin\theta=m\lambda_1$だから，$\sin\theta=\frac{m}{4}<1$，したがって$m\leqq 3$だから，$m=0$，$\pm 1$，$\pm 2$，$\pm 3$で観測される明線の数は7本である。

問２

(1)

図４でイの光線がスリットに入射するときとロが入射するときの光路差は$d\sin\phi$

ロの光線がスリットに入射するときとイがスリットを通過した後の光路差は$d\sin\theta$

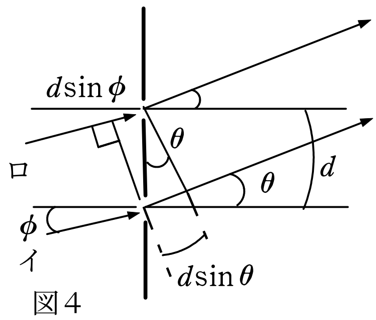

図４

したがって，回折された隣り合う光線の光路差は　$d\sin\theta-d\sin\phi$だから，

回折光が強めあうための条件は，$d(\sin\theta-\sin\phi)=m\lambda$

(2)

上記の解答では，物理的な思考と直感に基づく考え方を示した。思考過程を記載する問題ではなく，結果のみを記せば良いので，これで十分である。ここでは，これを数式を用いて検証しよう。

$\phi=0$のとき，整数mの明線を与える回折光の方向をθ_mとし，$\phi=\Delta\phi$としたとき，$\theta_m+\Delta\theta_m$になった

とする。すると①式により，$\sin\theta_m=\dfrac{m\lambda}{d}=\sin(\theta_m+\varDelta\theta_m)-\sin\varDelta\phi$

したがって，$\sin(\theta_m+\varDelta\theta_m)-\sin\theta_m=\sin\varDelta\phi$，$\varDelta\phi$，$\varDelta\theta_m$が微小だから，$\varDelta\theta_m=\dfrac{\varDelta\phi}{\cos\theta_m}$　②

$\theta_0<\theta_1<\theta_2$だから，$\varDelta\theta_0<\varDelta\theta_1<\varDelta\theta_2$

一方，$m>0$，$\varDelta\phi\geqq 0$として，$\theta_m\geqq|\theta_{-m}|$だから，②式により$\varDelta\theta_m\geqq\varDelta\theta_{-m}$

したがって，$\varDelta\theta_0<\varDelta\theta_{-1}\leqq\varDelta\theta_1<\varDelta\theta_{-2}\leqq\varDelta\theta_2$となる。

(3)

まず，波長λ_1とスリット間隔dの関係を求める。式①により，$\dfrac{1}{2}d=2\lambda_1$，したがって，$\lambda_1=\dfrac{d}{4}$

$\phi=0°$から増加させると，$m=1$の明線が移動して，$m=2$の明線のあった$\theta=30°$の位置に来たと考えられる。したがって式①は，$d(\sin 30°-\sin\phi_1)=\lambda_1$,

したがって，$\sin 30°-\sin\phi_1=\dfrac{1}{2}-\sin\phi_1=\dfrac{1}{4}$，$\sin\phi_1=\dfrac{1}{4}$　（答）

$\boxed{4}$注意　教育学部，理学部（物理学科），医学部，歯学部，工学部および農学部受験者用

＜解答＞

問１

$cw(T_1-T_0)$　（答）

問２

熱量計に与えられた熱量は，$Q-cw(T_1-T_0)$，熱量計の温度上昇は，T_1-T_0

したがって，$C_0(T_1-T_0)=Q-cw(T_1-T_0)$だから，$C_0=\dfrac{Q}{T_1-T_0}-cw$　（答）

問３

$c_mM(T_2-T_3)$　（答）

問４

$cw(T_3-T_0)$　（答）

問５

$c_mM(T_2-T_3)=cw(T_3-T_0)+C_0(T_3-T_0)$

したがって，$c_m=\left(\dfrac{cw+C_0}{M}\right)\left(\dfrac{T_3-T_0}{T_2-T_3}\right)$　（答）

問６

電熱線に流れた電流は$\dfrac{V}{R}$だから，電熱線に発生した熱量は$\left(\dfrac{V}{R}\right)^2Rt=\dfrac{V^2t}{R}$

$\dfrac{V^2t}{R}=(cw+C_0+c_mM)(T_4-T_3)$，$t=\dfrac{R}{V^2}(cw+C_0+c_mM)(T_4-T_3)$　（答）

問７

温度T_0で流入した水が温度T_5で流出する。単位時間当たりに水が奪う熱量は$cm(T_5-T_0)$

これが，電熱線に単位時間当たりに発生する熱量$\dfrac{V^2}{R}$に等しい。

したがって，$cm(T_5-T_0)=\dfrac{V^2}{R}$，$m=\dfrac{V^2}{Rc(T_5-T_0)}$　（答）

問８

問７の答えにおいて，$\dfrac{V^2}{R}=100$だから，$m=\dfrac{100}{4.2\times10}=\dfrac{10}{4.2}$

１分間あたりの水の流入質量は，$60m=\dfrac{600}{4.2}=142.9$ [g/min]

＜解説＞

熱とエネルギーに関する基本的な問題。比熱，質量，熱量，熱容量などの関係を理解しておく。物理過程に即して，問題は誘導的に構成されている。

問１

電熱線から水に与えられた熱量＝水が得た熱量＝比熱×水の質量×温度上昇

問２

電熱線に発生した熱量＝水が得た熱量＋熱量計が得た熱量

熱量計が得た熱量＝熱量計の熱容量×熱量計の温度上昇

問３

金属球が放出した熱量＝金属球の熱容量×金属球の温度下降

金属球の熱容量＝金属の比熱×金属の質量

問４

金属球から水に与えられた熱量＝水が得た熱量＝比熱×水の質量×温度上昇

問５

金属球から水と熱量計に与えられた熱量＝水が得た熱量＋熱量計が得た熱量

問６

電熱線に発生した熱量＝水が得た熱量＋熱量計が得た熱量＋金属球が得た熱量

電熱線に発生した熱量＝単位時間に発生した熱量×時間＝(電流)^2×抵抗×時間

水が得た熱量＝水の熱容量×温度上昇＝水の比熱×質量×温度上昇

熱量計が得た熱量＝熱量計の熱容量×温度上昇

金属球が得た熱量＝金属球の比熱×質量×温度上昇

問７

温度T_0で流入した水が温度T_5で流出する。つまり水が温まることによって，発生した熱を奪って，容器を冷却するのである。容器の温度がT_5と一定となっているのだから，発生した熱量と水が奪った熱量とがつりあっている。

問８

問７の答に数値をあてはめて計算すれば良い。ただし，ここでの単位時間とは秒である。電熱線の電力とは単位時間に発生する熱量（エネルギー）である。

<総評>

新潟大学の物理の問題はシンプルな物理構成を対象とした基礎的な問題である。教科書の記載と問題を反復学習してしっかり理解すれば，概ね対応できるだろう。

$\boxed{1}$

力と運動に関する問題。

問１

摩擦のある床上での物体の衝突に関する問題。基礎的な問題であるから，着実にできるようでありたい。難易度Ｂ。

問２

ばねで結合された物体に対して，運動量の保存の法則を応用する問題。考え方には難しいところがある。(2)は難易度Ａ，他は難易度Ｂ。

$\boxed{2}$

電気と磁気に関する問題および電気回路に関する問題。

［１］

磁場中を移動するコイルに発生する起電力と電流に関する基本的な問題。難易度はＢ。

［２］

Ｒ，Ｌ，Ｃを含む回路に流れる電流に関する問題。コイルやコンデンサーに流れる電流の基本的性質を的確に理解していなければならない。難易度はＡ－。

$\boxed{3}$

回折格子による光の回折に関する問題。基礎的な問題で，やはり教科書をしっかり理解していれば良いだろう。だが，問２の(2)，(3)は少々難しいか？

問１

回折格子による回折現象に関する記述の穴埋め問題である。基本的な問いであるから，分からなければ，教科書を熟読すること。難易度はＢ。

問２

入射角を変化させたときの問題。直感的には分かるが，数学的に説明するのは少々難しくなる。ここは物理的直感で答えるのも良い。(2)，(3)は難易度Ｂ＋。

$\boxed{4}$

熱とエネルギーの問題である。比熱，質量，熱量，熱容量などの関係を理解しておけば，大きな困難なく解答できる基礎的な問題である。問７は，やや高い物理的な思考力を要求する。問１～５は難易度Ｃ，問６が難易度Ｂ－，問７が難易度Ｂ＋，問８は難易度Ｃ。

120817