51：回折格子

〇原則

①回折格子において、隣り合うスリットからの波の経路差が波長λの整数倍のとき、スクリーンに明線ができる。

←これを満たしていれば、隣り合わない回折光同士も強めあっているといえます。

②干渉光の明るさは、回折格子（スリット）を通った光の量によって変化する。

〇解答の方針

・問１は、原則①を用います。解答のように干渉の次数ｍをおいて求めることもできますが、以下のようにすればより簡単です。

強めあいの条件は、隣り合う回折格子からでた回折光の、スクリーンまでの経路差がλであるときです。

これより、$\mathrm{d}\sin\theta=\lambda$　です（回折角：θ）

また、図より中心付近は $\mathrm{L}\tan\theta=\mathrm{x}$　であり、さらにＬは非常に長い設定なのでθは０に近く、$\tan\theta=\sin\theta$　としてよいので、$\mathrm{x}=\frac{L}{d}\lambda$　となります。

←回折格子では、ほとんどの問題でこの近似が出てきます。

また、$\mathrm{x}=\frac{L}{d}\lambda$　という関係は、回折格子の問題では基本的に変わらないので、覚えておいてもよいでしょう。

・問２は、上記のように干渉の次数を考えないとしたら次のようになります。

強めあいの条件は、$\frac{d}{2}\sin\theta=\lambda$ 、つまり$\mathrm{d}\sin\theta=2\lambda$ です。すなわち、（１）で隣り合っていた回折光の経路差が2λ　の整数倍のとき（λの偶数倍）には強めあい、λ の奇数倍のときには弱めあっている、と言えます。

・問３は、明線の明るさについて原則②から考えます。また、光の強度の違いにより、明線・暗線になる位置が変化することも容易に予想できるでしょう。

52：平行薄膜による干渉

〇原則

①屈折率ｎの物体中を光が進むとき、光の速度は空気中の$\frac{1}{n}$ 倍になることから、同じ時間で進む距離は空気中のｎ倍になる。

←このことから、問題文中に書かれた、（光学距離の差）＝$\mathrm{n}(\mathrm{AB}+\mathrm{BC})-A^{`}C$ の意味が分かります。

光が薄膜内の$\mathrm{AB}+\mathrm{BC}$ の距離を進んだということは、空気中におきかえると$\mathrm{n}(\mathrm{AB}+\mathrm{BC})$ 進んだことになります。

②屈折率の小さな物質から屈折率の大きな物質に向かって光が入射するときには、反射光の位相がπずれる。

〇解答の方針

・問３～５は、原則②を考慮して解きます。今回は問題文でこのことに触れられていましたが、多くの問題では

自ら思いつくようにしておかなければなりません。

図１では点 B、C でどちらも反射光の位相がπずれるので、合計して２πずれたことになります。２πは１周期なので、ずれはないとして問題を解いていけます。
図２では点 B でのみ反射光の位相がπずれるので、図１とは反射光が強め合ったり弱め合ったりする場所がずれることになります。

・問８について、「400nm-700nm の全波長範囲にわたって反射率ができるだけ小さいことが望ましい」と書いてあり、400nm-700nm とは、R の増加率の少ない付近の波長であると考えられるので、ここから考察していきます。

53：光波の干渉を利用した屈折率の測定

〇原則
①同一の空間内に光があるとき（屈折率などがどの部分でも変化しない場所のとき）、光路差が波長の整数倍であれば複数の光は強め合う。
（光路差とは、ある空間内で進んだ距離を、真空中、つまり絶対屈折率１の空間を同じ時間で進んだとしたときの距離のことです。）

②厳密にいえば、空気内での屈折率は１ではなく、真空中よりもわずかに大きい。
→つまり、この問題では空気の屈折率をnとしていますが、$n > 1$ となります。

〇解答の方針
この問題は、AB を透過して CD で反射した光と、AB で反射した光の干渉です。
・問２は、明るい縞から次の明るい縞の位置の、光路差の変化が波長λに等しいとして考えます。
また、この問題ではθが極めて小さいとしており、AB で反射した光の向きが変わることは考えていません。

・問３は、まず AB をどんなに回転させても点 M と CD の距離が変わらないことに注目します。その後、問２の結果から考えます。

・問４も、問２の結果から、縞模様の変化を考えます。

・問６は立てるべき式が多く、式の立て方も難しいです。次のような順序で考えましょう。

求めたい式はn'なので、$n' = n - 1$ であることからn をある式で表せないかと考えます。
→$n - 1$が、気体の圧力が０から R まで変化したときの屈折率の変化であることに気付ければ、問５の式を利用して式を立てられます。
→図２を見ると、N は P、T で表せることがわかります。このとき、比例定数を適当に定めるだけでよいです。比例定数をしっかり求めようとすると、面倒なことになります。
→P、T は２変数なので、変数は１つにまとめようと考えます。すると、この２つの変数は気体の状態方程式に登場するので、この式を立てます。このとき、密度を使った式にすることがポイントです。

・問７は、問６の結果をもとに考えます。

54：平面波の干渉

〇解答の方針

・（２）は、解答のように面倒な計算をする必要は特にありません。n を具体的な値にして確かめるだけで簡単に答えは求められます。

・（４）は、y 軸方向には定常波ができるので、「合成波の振幅が鏡の表面で常に０となる」ためには２枚の鏡の地点がどちらも波の節になればよいです。

・図２は、光波の山を表す２本の線が直交しているように思えますが、実際は違います。（直交するのは $\theta = 45°$ のときのみ）

そのため（４）（５）を図形的に解くときは、図１を使用したほうが間違いが少ないでしょう。

55：フレネルレンズ

〇原則

①波は２πで１周期であるので、位相差が２πのとき、その間の長さは波長λである。

〇解答の方針

・問１は、近似式を積極的に使って答えを出しましょう。

・問２は、原則①の関係を使います。位相差がπということは、その間の長さは$\frac{\lambda}{2}$ です。

・問４は、スリット$S`$の内周上を通って点Ｑに達する光の経路の長さL_3とL_1の差がλになることに注意します。このとき、スリットＳを通った光は２つのスリットで挟まれた部分に当たる光に完全に打ち消されることになりますが、金属板は光を通さないので実際は打ち消されません。

56：点電荷による電場・電位

〇原則

①Qの点電荷が、r 離れた場所に作る電場は、$\frac{kQ}{r^2}$ である。　（k：比例定数）

電場には向きがあり、複数の電荷による電場の合成はベクトル和となる。

②Qの点電荷がr 離れた場所にある場所の電位は、$\frac{kQ}{r}$ である。

電位はスカラー和であり、複数の電荷からの電位はそのまま足し合わせてよい。

③（合成）電場をEとする。$E > 0$ のとき、正電荷が電場をつくっていることを意味し、$E < 0$ のとき、負電荷が電

場をつくっていることを意味する。

④ある地点における電位とは、電荷による位置エネルギーのことである。
（これは、万有引力による位置エネルギーと似ていると考えれば覚えやすいでしょう。）

〇解答の方針
・問１は、２つの点電荷によってつくられる電場の合成なので原則①を使います。
ベクトル和なので、それぞれの電場はそのまま足さず、ｘ、ｙ方向という成分に分けてから足し合わせます。

・問２は、原則②を使って電位を出します。
点電荷ひとつひとつが作る電位をそれぞれ求めてから、最終的に足し合わせます。

・問４（１）は、原則③から考えます。
または、点 R から見れば点 A も点 O も大体同じ場所に見えるだろうと考えて、点Ｏ付近に$-4\mathrm{q}+\mathrm{q}=-3\mathrm{q}$ の点電荷があるとして考えてもよいでしょう。

・問４（２）は、原則④を利用してエネルギー保存則から求めます。

・問４（３）は、電場の向きが切り替わる地点を探します。xが十分大きい地点では、（１）からも分かるように電場は負なので、点電荷 Q は原点の方向に引き付けられ、加速します。その後、電場が負→０→正と変わると、今後は原点から遠ざかる方向に押され、減速します。
つまり、電場が０になる地点が、点電荷 Q の速度が最大になる地点といえます。

57：ガウスの法則と電場
〇解答の方針
今回の問題では、電気力線や電荷についての性質が問題文中に明記されていますが、これらは覚えるべき内容なので、頭に入れておきましょう。
・問１は、問題文を参照するだけです。
また、問１（３）の結果から、点電荷ではない場合でも、**56：点電荷による電場・電位**の原則①を用いて電場を求めることができると分かります。

・問２（１）は、「電気力線は交わらない」という事実から考えます。

・問２（２）は、問題文を参照するだけです。

・問３は、問１と問２で求めた電場のベクトル和だと考えると簡単です。

・問４は、問１～３で求めたことから、$-R` \leq \mathrm{x} \leq R`$　の間の電場がどうなるかを予想します。
x地点にいた場合、半径xの球内に含まれる電荷が、球の中心に集まった（点電荷）と仮定して電場を計算します。

58：極板間への誘電体の挿入

〇原則

①極板間の電位差がV、極板間隔がdのとき、その間の電場をEとすれば$E=\frac{V}{d}$ という関係が成り立つ。

②極板間の電位差がV、蓄えられた電気量をQ、電気容量をCとすれば$Q=CV$ という関係が成り立つ。

③コンデンサーの極板面積をS､極板間隔をd､誘電率をε､電気容量をCとすれば$C=\varepsilon\frac{S}{d}$ という関係が成り立つ。

④C_1、C_2、$\dots C_n$ のコンデンサーによる合成抵抗C は、並列接続のとき$C=C_1+C_2+\cdots C_n$

直列接続のとき$C=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\cdots+\frac{1}{C_n}$ となる。

⑤コンデンサーに蓄えられた静電エネルギーUは、電荷Q、電位差V、電気容量Cとすれば$U=\frac{1}{2}QV=\frac{1}{2}CV^2=\frac{Q^2}{2C}$

となる。

〇解答の方針

・問１では、電場を求めるときは原則①を使います。電気量を求めるときはガウスの法則から求めます。

$4\pi k=\frac{1}{\varepsilon}$　という関係はよく使われるので覚えましょう。

電気容量を求めるときは原則②を使います。

・問２では、解説のやり方でもよいですが、別解のやり方のほうが一般的でしょう。

コンデンサーを、誘電体が入っている部分と、入っていない部分の並列接続だとして考えます。原則③を使って２つの電気容量を求めた後、原則④を使って全体の電気容量が求められます。

・問３(１)は、$-l<\Delta\leq 0$ と $0\leq\Delta<l$ の部分は平板の動かし方が同じなので、$\Delta=0$ で対称になるはずです。よって④または⑤に絞られます。

そのあとは、$\Delta=l$ と$\Delta=0$　のときの静電エネルギーの変化分を考えればよいので原則⑤を使います。

（２）（３）は、力を加えて静電エネルギーを与えたので、そのエネルギーが平板の運動エネルギーに変わると考えて解いていきます。

59：コンデンサーの極板間に働く力

〇原則

①電位差Vのコンデンサーで、蓄えられている電荷の量がΔQ だけ変化したとき、電池がした仕事は$\Delta Q\times V$ である。（ΔQの重さの物体を、Vだけ位置差がある場所に持ち上げるイメージです。）

〇解答の方針

Ⅰ…公式通りに計算していけるので簡単でしょう。

（２）において、極板の間隔をΔdだけ動かしたときスイッチは開いたままなので、蓄えられた電荷の量は変わらないことに注意します。

Ⅱ…こちらも公式通りです。
⒜ は、スイッチを開いてから極板の位置を変えているので、蓄えられた電荷の量だけ変化しません。
⒝ は、スイッチを閉じたまま極板の位置を変えており、起電力 V の電池につながっているのでコンデンサーの電位差だけ変化しません。
⒜ では、コンデンサーと電池は切り離されているので電池がした仕事を考える必要はありません。
しかし⒝では、コンデンサーのエネルギーの変化量は、外力がした仕事と電池がした仕事の２つに起因するものとして考える必要があります。

・⑽⑾は、それぞれ（６）（９）で外力がした仕事の向きを符号を参考にして考えることから分かります。

60：コンデンサーの極板の振動
〇原則
①閉じた回路のとき（閉回路）、全体の電位差を符号を含めて足し合わせると、０になる。

〇解答の方針
Ⅰ
・問２は、２つのコンデンサーのみが閉回路内にあると考えられます。よって原則①より、AP 間と BP 間の電位差の大きさは等しくなることから答えを求めます。

・問４は、金属板の位置が$x+\Delta x$になったときの、A、B に蓄えられた電気量を求めて…というやり方でやる必要はありません。x が$x+\Delta x$になるだけなので、問３の結果を利用します。
また、静電エネルギーの変化量は金属板に働く力に逆らって行った仕事であるので、符号に注意して力を求めます。

Ⅱ
・問５は、力の正の向きを A→B とすれば、
⒫ を動かしたことで電場から受ける力＝問４）＋⒫ がばねからうける弾性力）>0 となれば、P は$x=\frac{d}{4}$ 地点から単振動を始めます。

・問６は、Δq の変化をΔx で表すと I が金属板の速度に比例することがわかります。ここから金属板がどの場所にあるときにI_{max} となるかもわかります。