

質問カードには「良い質問」を書くのであって、ふと思いついた疑問や教科書を読んでいてあなたが理解できなかった点についての質問を書くのではない。この違いを理解していないと思われる質問が多数あるようだ。

17S2037: 球面調和関数から他の原子とどのように結合するのか判断することは可能ですか。 M: 本気か? 自分で考えて分からないのはなぜか? // 何のために球面調和関数を求めているのか?? 20S2004 も参照

18S2014: 明確に判明している公式は使ってもよいものですか。 M: 意味不明。何の話か? // 公式とは何か? 明確に判明しているとは、どういうことか? // 明確に判明していない公式??

19S2004: ルジャンドル多項式はなぜ $x=1$ のとき 1 になるのですか? M: 本気か? 自分で考えて分からないのはなぜか? // ルジャンドル多項式の定数倍は、ルジャンドル方程式の解になっているか?

19S2017: ルジャンドル多項式が偶奇性を持つことで、どのような応用ができますか? M: どんな応用ができるか、自分で考えて、工夫して活用すればいいのでは? 新しい応用を考えればいいのでは?

19S2022: ルジャンドル多項式が用いられる例として、水素原子のシュレーディンガー方程式の他に何があるのでしょうか。 M: 勉強すれば分かるのでは?

19S2049: 波動関数を解いていく上ではスピンに対する回答は得られないように考えられるが、波動関数で表現できるのか?あるいは新しい概念を考える必要があるのか? M: 教科書 8 章や参考書をよく読んで勉強すれば分かるのでは?

19S2051: NMR 測定と ESR 測定とがあるが、どちらかの装置をもう片方の設定に近づけた際にどちらか片方の装置は必要なくなるのではないのでしょうか? M: 何の話か? どこに書いてある話か? // “設定に近づける”とは、具体的に何をどうする話か?

20S2001: なぜルジャンドル多項式の 1 の部分が偶数のときに偶関数、奇数のときに奇関数ができるのでしょうか? M: 講義では説明しなかったし教科書にも記述が無いが、ルジャンドル方程式を解く過程を吟味すれば分かるのでは?

20S2004: sp_d 軌道の位相関係はルジャンドル多項式の偶奇性だけで示すことができますか。 M: 自分で考えて分からないのはなぜか? // 具体的にどんな位相関係のことか?

20S2021: 球面調和関数を実数化したとき何を表しているのですか? M: 本気か? // 教科書や参考書をよく読んで勉強すれば分かるのでは?

20S2027: ルジャンドル多項式が直交しなければならないのはなぜですか? M: 誰がどこでそんなことを言ったのか? “直交しなければならない”と言った人に聞けばいいのでは? // 20S2001 も参照

20S2029: 球面調和関数の実数化は何を目的として行っているのですか? M: 20S2021 参照

20S2036: ルジャンドル多項式は量子数 l の変化によって関数が増減しているが、これは θ の角度に関する電子の振る舞いが、量子数の増加とともに激しくなるということか。 M: 自分で判断できないのはなぜか? // “振る舞いが激しくなる”とはどういう意味か?

20S2037: 三角関数でも同じように定義域を球面上に拡張できないのかなと思ったのですが三角関数ではなくルジャンドル多項式が採用されている理由は何か大きいのですか? M: 前半と後半との論理的なつながりが意味不明。// 採用するも何も、じゃあ三角関数 ($\sin x, \cos x$ 等) はルジャンドル方程式の解になっているのか? っていう話。方程式の解になっていない関数を持ってきてどうこう言われても、ナンセンス。(とはいえ、ここでは $x = \cos \theta$ の変数変換により三角関数になるのだけど.....)

20S2042: ルジャンドル多項式の性質について、偶奇性を持つこと、直交性を持つことは水素原子の軌道にどのような影響があるのでしょうか。 M: 教科書 4 章や参考書をよく読んで復習する必要があるのでは? // 箱の中の粒子の波動関数も偶奇性や直交性を持つが、粒子の振る舞いにどんな影響があるか?

20S2046: ルジャンドル多項式の性質で $P_l(x)$ の前の因子を $P_l(1)=1$ になるように選ぶとありましたが、これは何を意図して選んでいるのですか。 M: 19S2004 参照

20S2047: ルジャンドル多項式は偶奇性をもちますが、多項式が偶奇のふたつに分類できることによって、最終的に水素原子の電子の振る舞いにどのような影響をもたらすのでしょうか? M: 20S2042 参照

20S2051: シュレーディンガー方程式を解く上でオイラーの式を度々用いて式をまとめていくが、オイラーの式

はどうして用いやすいのか？ といった性質がこの式を用いやすくしているのか？ **M:** “用いやすい” とはどういうことか？ 用いやすいかどうかは、どうやって判定するのか？

20S2052: ルジャンドル方程式の主な使われ方はなんですか **M:** 教科書をよーーく読めば分かるのでは？
// 物理学をしっかりと勉強すればいいのでは？

20S2053: 2 回微分で任意定数が 2 個出るのが正しいのであれば、教科書の (6, 20) の式は間違っているということですか。 **M:** 本気か？ 自分で判断できないのはなぜか？ // 講義でも説明したのに、全く伝わってなくて残念。 // “教科書に載っているから正しい、または、誰かが言ったから正しい” 等との考えは間違い。論理的な理由があるから正しい。

21S2001: 動径方程式のラゲールの陪関数の役割とは何ですか？ **M:** 解でしょ？ それが何か？

21S2002: ルジャンドル方程式の性質の一つである、偶奇性を持つということは、化学的にはどのような意味を持つのでしょうか。 **M:** 自分で考えてみれば良いのでは？ // 17S2037, 20S2004, 20S2042 も参照

21S2003: ルジャンドル方程式の解が偶関数と奇関数になるのはなぜですか **M:** 20S2001 参照

21S2004: 本日ルジャンドル方程式の有限の解は水素原子の状態を表すと習いましたが、有限の解ではないものは何を表すのでしょうか。全く想像できないのでヒントだけでも教えていただきたいです。 **M:** 微妙にズレている予感。// ルジャンドル方程式はあくまで数学的な方程式なのであって、その物理的な意味は問題によってまちまちであり、人がその意味付けをする。数式の意味が先に決められているわけではない。

21S2005: 球面調和関数とはどのようなものか。また、何を表しているか。 **M:** 本気か？ 勉強すれば分かるのでは？

21S2007: ルジャンドル多項式の性質で偶奇性があったり、直交系があったりしたが、このような性質は化学においてどのような場面で利用できるのか。 **M:** 21S2002, 20S2042 参照

21S2009: ルジャンドル方程式の性質に解が偶奇性を持ち、直交するとあったが、これはどのようなことに応用されている (使われている) のですか。 **M:** 19S2017 参照

21S2010: 動径方程式を正弦や余弦ではなく指数関数で表すことにはどのようなメリットがありますか。規格化定数を求めやすいというのが 1 つあげられると思いますが、それ以外にあれば教えてください。
M: 本気か？ 自分で考えて分からないのはなぜか？ // 動径 r の変域が $0-\infty$ なので、動径関数 $R(r)$ が無限遠でゼロに収束する関数でなければならないのは自明では？ さもなければ、波動関数に要請される三条件 “一価・有限・連続” を満足しない。

21S2012: 式 (6.10) の解が水素原子オービタルと密接な関係があるとあるが、これは水素原子のもつ電子のみの話なのですか。例えば、水素原子と他原子との結合などで使われる電子の振る舞いは表すことができるのですか。 **M:** 多原子分子における電子のオービタルをどのように考えるか、教科書や参考書を読んで勉強すれば分かるのでは？

21S2013: 水素以外の原子でもルジャンドル方程式を使うことができるのでしょうか **M:** 自分で判断できないのはなぜか？ 教科書や参考書をよく読めばいいのでは？ // ルジャンドル方程式は、物理学においてどのような種類の問題でよく使われると教科書に書いてあったか？ 水素以外の原子は、そのような種類の問題であるか？

21S2014: ルジャンドル多項式は $m = 0$ の時にしかでてきませんが、 m が 0 でない時のルジャンドル陪関数は何のための関数なのですか？ **M:** 本気か？ 自分で考えて分からないのはなぜか？ // 答えは問いの中に既に含まれているのにネ ; -)

21S2015: 教科書 209P の球面調和関数とは、なんですか。また、何を表しているのですか。 **M:** 21S2005 参照

21S2018: ルジャンドル多項式の解やルジャンドル陪関数が直交していなければいけないのは どうしてなのでしょう **M:** 無意味な質問。// 直交していない関数が存在しても一向にかまわない。ただここでは、ルジャンドル多項式やルジャンドル陪関数が直交する性質を持っているという話をしただけ。そしてその対偶は、“もしもある関数が直交しないならば、それはもはやルジャンドル関数ではない”。

21S2019: $D_{\sin}(m \Phi + \tau)$ について、回転角度の原点を変えることによって何か起こるのですか。 **M:** 講

義で説明したのに、全く理解されていないようで、残念。// 原点の位置を一意に定めても一般性を失わない。その点を原点にすることで特別なことが起こるような、そんな特殊な点はない。

21S2020: ルジャンドル多項式の偶奇性はどのようにいえますか **M:** 19S2017 参照

21S2023: ルジャンドル多項式が偶関数になるか奇関数になるかということは、水素原子のオービタルにどのように影響するのですか。 **M:** 20S2042 参照

21S2026: ルジャンドル方程式を見た時、式の形がエルミート多項式に似ていると感じたのだが、何か関連性はあるのだろうか。 **M:** 微分方程式が、別の微分方程式の解の関数に似ているとは、どういう意味だろうか？ // 物理数学の教科書を見ればいいのか？ “直交多項式” と言ってみるテスト

21S2028: $\text{Acos}(m\phi) + \text{Bsin}(m\phi) = \text{Dsin}(m\phi + \tau)$ に合成する際の $\text{B} = i(c_1 - c_2)$ はどのように出すのでしょうか。 **M:** 自分の手を動かして計算してみれば分かるのでは？

21S2031: ルジャンドル多項式の偶奇性は化学においてどのように利用できるのですか **M:** 19S2017 参照

21S2032: 球面調和関数とは具体的にどのようなものなのでしょうか。 **M:** 21S2005 参照

21S2033: ルジャンドル多項式について、以前出てきたエルミート多項式に偶奇関数など似ている部分があったのですが、関係性はあるのでしょうか？ **M:** 21S2026 参照

21S2034: なぜ光より早く動く物質がないのか。それとも観測できないだけであるのか。 **M:** 本気か？ // (特殊) 相対性理論を勉強すれば分かるのでは？

21S2035: ルジャンドル多項式の偶奇性はどのように活かすことができるのか **M:** 19S2017 参照

21S2036: 球面調和関数以外でルジャンドル多項式の偶奇性が利用されることはありますか。 **M:** 19S2017 参照

21S2037: 原点のずれ τ を $\tau=0$ としても一般性を失わないのは、周期的に変化する関数であることが前提ですか？ **M:** 自分で判断できないのはなぜか？

21S2038: p211 のルジャンドル方程式は古典物理学でよく知られた方程式と書いているのですが、ルジャンドル多項方程式では物理学の多くの問題に現れると書いているので古典物理学以外も含まれてるということでしょうか？ **M:** 本気か？ 自分で判断できないのはなぜか？ // 古典物理学以外とは、具体的に何か？ // 今ここでやっているのは、どんな物理学？

21S2039: Φ が $m \neq 0$ の時縮重しているのがいけないのはどうしてですか？ **M:** “いけない” と言った人に聞けばいいのでは？ // 誰がどこでそう言ったのでしょうか？

21S2040: ルジャンドル方程式が直交であるというのはどのようなことを意味しますか。直交座標とは違うのでしょうか。 **M:** 私は知りません。そのように (“方程式が直交である” と) 言った人に聞けばいいのでは？ // 誰がどこでそう言ったのでしょうか？

21S2042: ルジャンドル多項式は、物理学の多くの問題に現れるとあるが、具体的にはどのような問題に現れますか？ **M:** 20S2052 参照

21S2044: ルジャンドル多項式を解く時、有限の解を与えるか確認していますが、波動関数の他の性質については証明しなくても良いのでしょうか **M:** 意味不明 // “ルジャンドル多項式を解く” とは、どういうことか？ // 確認や証明が必要だと思うのなら、自分でやればいいのか？

21S2045: ルジャンドル多項式が直交しているのはなぜですか？ **M:** 21S2018 参照

21S2046: ルジャンドル多項式が直交系になるのはなぜですか。また、どのような物理的な意味を持ちますか。 **M:** 21S2018, 20S2042 参照

21S2047: なぜ縮重していると独立な解がもう 1 つ必要なのか **M:** “縮重” の意味を理解していない予感。そして、教科書 4 章の仮説 1 の理解も不十分な予感。

21S2048: $\Phi(\phi) = \text{Dsin}(m\phi + \tau)$ の式があって、 $\tau=0$ としても一般性を失わないとやったが、それなら τ は必要ないのでは。 **M:** 本気か？ 二階の微分方程式の一般解に、任意定数はいくつ必要か？ // 今回はそうでしたが、常にそうだとはいえない。

21S2049: ルジャンドル多項式で 1 が負の値を取る場合はどうなりますか **M:** 本気か？ どんな時に 1 が負の値になるのか？ // 20S2001 参照

- 21S2050:** 球面調和関数は互いに直交しますか？ **M:** 本気か？自分で考えて分からないのはなぜか？ // 球面調和関数が互いに直交する・しないを暗記するのが勉強ではない。そんなことをしていても、本質を全く理解できない。
- 21S2051:** 実数のみで表せる波動関数はあるのか？ **M:** 本気か？ // 教科書 3 章, 5 章や参考書をよーーく読めばいいのでは？
- 21S2052:** ルジャンドル多項式の解が偶奇性を持ち、直交することが教科書に書かれてありますが、これによってどのようなことが分かり役立つのでしょうか。 **M:** 19S2017 参照