

構造物理化学 I (20201117) M: 以下は宮本のコメント

* “これは該当する、それは該当しない”などと個別の事例を暗記することは、大学での科学の勉強方法として間違っている。こんなことしてるから、覚えていないこと、忘れてしまったことは答えられない、ということになる。

17s2025: 量子力学が複素数の波で構成されなければならない理由とはなんですか M: 勉強して考えれば分かるのでは? // 自然の本質。シュレーディンガー方程式を見れば自明。

18s2003: 弦の振動から二次元の膜の動き、三次元のシャボン玉や地震と、波動方程式は拡張できる話がありました。極論を言えばこの論理の拡張を続けていくことで宇宙空間について記述することは可能でしょうか? M: 次元を拡張していくことと、あつかう対象物のサイズを大きくすることとは、どのような関係があるのか? // 20s2036 参照

18s2006: 以前、時空の仕組みについての本を読みました。そこで4次元時空というものがあったのですが、これについて考えるときは時間の軸に対しての境界条件も必要になるということでしょうか。 M: その本や関連書籍、類似書籍において、そのことに言及されていないのでしょうか? 自分で判断できないのはなぜか? // 宇宙は悠久の過去から未来に渡って存在するものなのか?

18s2010: 時間の関数を含む波動関数で $T=0$ の時に粒子の存在はどうなっているのか M: 本気か? // 波動関数の意味について、教科書や参考書をよく読めば分かるのでは?

18s2014: 時間 t は波動方程式において振動しているのですか M: 自分で判断できないのはなぜか? // 波動関数を見れば自明では? // 時間についての変数 t の値が周期的に変化しているのか?

18s2045: 1) 講義中に零を意図的に使っているように感じたが、その意図は何か。2) ロンスキー行列式以外を用いて一時独立を示すことはできるのか。 M: え? 日本語では「零(れい)」でしょ? // “0”ではダメな時の零点と、良い・OKの時の丸の区別がつきにくい。

19s2003: 教科書では K の値を正、負、零でその都度解が無意味か否か吟味しており、先生は全てやった後に吟味していますが、どちらの方が効率的ですか。 M: その都度とは? // ここでの効率はどうにして評価するのか?

19s2004: 弦が1次元で膜が2次元ならその時3次元は何かあるのですか? M: 20s2036 参照

19s2005: $u(x,t)$ は \sin と \cos で表されたが、それ以外の関数を使用することはあるのですか。 M: そりゃ、必要なら使うでしょうね。当たり前では? // 20s2042 も参照

19s2011: 三次元の場合では空気などが振動すると考えられるのですが、四次元の場合ではどのように考えたらいいのでしょうか M: 20s2036 参照

19s2012: 時間についての微分方程式の解に用いた任意定数の記号が三角関数と e の指数関数で表したときのどちらの場合も同じ記号を使っていましたが二つの形に使った任意定数は等価なのですか? M: “任意”や“等価”の意味を理解していない予感。

19s2013: 振動を表すモデルとして1次元では弦、2次元では膜を用いたが、3次元やそれ以上の次元では実際に表すことができるモデルはあるのですか M: 20s2036 参照

19s2017: 今回の式において不確かさはどのくらい影響を及ぼしますか? M: 自分で考えて分からないのはなぜか? // 古典力学における“不確かさ”の意味は?

19s2018: 地震や津波などの波が発生する災害では今回の波動方程式を応用して波の強さなどを求めたりしているのでしょうか M: 求めている人に聞けばいいのでは? // 関連する専門書などを読んで勉強すればいいのでは?

19s2022: $T(t)$ について初期条件は特にないとおっしゃっていましたが、初期条件がある場合 $u(x,t)$ はどれほど変わってくるのでしょうか。 M: 本気か? 自分で考えて分からないのはなぜか? //

$X(x)$ について、境界条件がある場合とない場合とで、どれほど変わっているか?

19s2024: 教科書に「最初に弦をどのようにかき鳴らそうと、弦の形は(2.24)に従う」とあるが、最初と限定したのは、弦が引っ張られたことで初期条件が加わるからか。またあるとすれば他にはどのような理由があるのか。 M: 最初の弦のかき鳴らされ様は、(2.24)式のどこに反映されるのか? // (最初じゃない)途中の時刻において弦を弾いたとすると、その効果は(2.1)式にどのように取り込まれているか? その効果が解である(2.24)式にどのように反映されているか?

19s2043: 横波と縦波の合成を数式で表せるのか M: 合成するとどんな波になるのか? // 横波と縦波は、何がどう違うのか? // (2.1)式は何を表しているか?

19s2045: ロンスキー行列式以外に微分方程式の解が一次独立かを調べる方法はありますか? M: 理工系の数学を復習する必要があるのでは?

19s2049: 四次元の波動方程式をあつかう際、四つ目の次元は何を表すか。 M: 20s2036 参照

19s2050: 物理学では、方程式を求めることが必要なのですか。 M: 意味不明。// 要求されるという意味では必要なかもしれないが、物理の教科書でそういう言葉づかいを見たことがない。

19s2051: 無意味な解は求めた事に本当に意味がないんですか? M: 日常語の“意味がある/ない”は、価値判断を伴った表現であり、すなわち主観を含んでいる。しかしここでは、教科書にもある通り、英語の専門用語で“trivial solution”に対応する日本語であって、“無意味な解”または“つまらない解”等ともいう。名は体を表すとはいえ、“無意味”というコトバの意味に過剰にこだわることに意味はないのでは? // 波動方程式を満足する解である以上、波動の一形態を表していることに間違いはない。

19s2052: スーパーカミオカンデは陽子崩壊が起こるためには 10^{34} 年以上かかるとしていましたが、人間が存在する間に陽子崩壊は観測できるのだろうか? また、陽子崩壊を人工的に発生させる方法はこれからできるのだろうか? M: 本気か? // 放射性核種の中には寿命が非常に長いものもある。ではそのような核の崩壊は、人間の経験できる時間スケールで観測できるのだろうか? // ウランやプルトニウムの崩壊を人工的に発生させ(自然の寿命よりも著しく早く崩壊させ)ることは、現在可能だろうか?

20s2001: 膜として太鼓やシャボン玉を挙げていましたが、身近に他に何がありますか? 例えば水の溜まっている場所に水滴を落としたものも当てはまりますか? M: 自分で判断できないのはなぜか?

20s2002: 適切な座標さえ使用すれば三次元の物体の振動も波動方程式で求められるということですか M: 求められるかどうかは、座標の問題ではない。座標は物理現象と独立に、ヒトが考えるもの。// 分かりにくい座標系では、方程式を解くのに不利ということはあるかもしれない。

20s2003: 球形の膜ではなく、歪な形をした膜だった場合はどのように求めるのですか? M: 自分で考えて分からないのはなぜか? // その膜は一様で、平衡状態が歪な形で、かつ膜のどの位置でも力の定数も同じであるなら、その膜も(2.1)式に類する方程式に従うことになるので、普通に解けるはずでは?

20s2004: 電子殻の存在は、軌道の重ね合わせによって形成される電子雲のような明確な区分がないものを分かりやすく線で表記しただけのものではないのですか。膜のような実体を持つのでしょうか。 M: 誤解の予感。

20s2005: 弦や膜は抵抗を受けないのですか? M: 自分で判断できないのはなぜか? // (2.1)には抵抗の効果が含まれているか?

20s2006: 普通、初期条件などはどのように求めればいいのでしょうか? 自分で判断するものなので

しょうか？ **M:** 何か別の定理から導出したたり方程式を解いたりして求めるわけじゃあない。// 常識で判断すればいいのでは？

20s2007: 前回の授業で初期条件は $T(t) \neq 0$ になったと思うのですが、今回の初期条件は「特にない」だったのがよく理解できませんでした。何故ですか。 **M:** “初期条件”が $T(t) \neq 0$ だったのか？ 論理を誤解している予感

20s2008: 波動関数そのものに意味はないのに、なぜ波動関数を二乗すると粒子の存在確率を表すようになるのですか？ **M:** 微妙に誤解の予感 // 教科書や参考書を精読する必要があるのでは？ // “(単なる)意味がない”と“物理的な意味がない”は違う。

20s2009: 太鼓が二次元の波動方程式で表せることは分かりましたがなぜシャボン玉は二次元の波動方程式なのですか？ **M:** 20s2036 参照

20s2010: 三次元の波動方程式でどのようなものを記述できるのですか？ **M:** 20s2036 参照

20s2011: 弦、膜はそれぞれ一次元の波、二次元の波とわかりましたが、三次元の波があるとしたら、二次元の式の左辺に z の偏微分を考えればよいですか？また、三次元の波の例はありますか？ **M:** 20s2036 参照

20s2012: 原子があるエネルギー状態にある時、それが縮退している場合には縮退してない場合と比べてより早い時間で基底状態に動くのか。 **M:** 遷移確率 (遷移の速度定数) の大小と状態の多重度とは一般には直接の関係はなさそうだが、占有数からくる遷移速度には影響があるかもしれない。

20s2013: 1次元、2次元の例を挙げていましたが、3次元には存在するのでしょうか？また、あるとすればどのような例がありますか？ **M:** 20s2036 参照

20s2015: 現実で振動している弦の変位 u が実数でなく虚数が含まれる式で表れるのは不自然なことではないのか **M:** 本気か？自分でよく考えているのか？// 現実の特定の弦の状態を表す $u(x,t)$ において、虚数が含まれているのか??

20s2017: シャボン玉が弦よりも次元が高い状況で微分方程式を解いていくと変位がわかる。シャボン玉は毎回色が変わるように見えるが、これは波形と関係があるのでしょうか？ **M:** 本気か？物理学の基礎を復習する必要があるのでは？// ニュートンリングと言ってみるテスト

20s2018: 「膜」にはたいこや地震、シャボン玉、殻があると仰っていましたが、大きさに制限はないものなのですか？ **M:** 自分で判断できないのはなぜか？// 波動方程式に大きさの制限が含まれているか？

20s2019: $T(t)$ の書き換えのところで違う値のものを同じ任意定数で表しているのですか？ **M:** 具体的にどこのどんな書き換えの話か？// “任意定数”の意味を理解していない？

20s2020: シャボン玉の膜の振動の伝わり方から、地球の地震の伝わり方が分かるとおっしゃってましたが、地球は中身の詰まってる球体なのに膜しかないシャボン玉と同じように捉えて大丈夫な理由はなんですか？ **M:** 地球の内部を通して伝わる地震波については異なるが、表面を伝わる波については同じ。

20s2021: オイラー式を代入する以外に $(2 \cdot 17)$ の解き方はあるのですか？ **M:** 意味不明. (2.17) 式を解くとは？

20s2022: 量子力学では電子は存在する場所の確率しかわからないのに、なぜ電子に波動方程式を適用できるのですか？ **M:** 勉強すれば分かるのでは？// 存在する場所の確率がどうやってわかるのか？

20s2023: 海の波は膜ですか、それとも弦ですか？ **M:** 20s2036 参照

20s2024: $X(x)$ の式が $K < 0$ 以外では不適でその条件でしか成り立たないとわかりましたが、その

後 $T(t)$ について $K = 0, K > 0, K < 0$ の3つについて出す必要はあるのでしょうか。 $X(x)$ が $K < 0 \rightarrow T(t)$ も $K < 0$ としていいのですか？ **M:** 自分で判断できないのはなぜか？// 今回は $X(x)$ を先にしたので、その段階で $K < 0$ がわかっている。そこで次に $T(t)$ のときに $K < 0$ と決めてしまってもよいでしょう。しかしもし $T(t)$ を先にすれば、 K について場合わけが必要かと思われませんが。

20s2025: x を含む式で K が負だと確定したら t の式では K が負の場合だけを考えるのではダメなのか。地球を膜として考える時地表と水面とでは全く違う物質であるが同様の式で考えることができるのか。 **M:** 20s2024 参照 // 地震波は水面を伝搬するのかわか？

20s2026: $2iC1$ を B とおいたように、任意定数 $C1$ を再び任意定数 B で表すのは何故ですか。 **M:** 20s2019 参照

20s2027: $T(t)$ を $\text{Acos}(\omega t + \phi)$ と書き換えるとき \sin でも表せると思うのですが \cos を使っているのはなぜですか？ $X(x)$ が \sin なのは \sin の方が簡単になるからだと思うのですが、 $T(t)$ が \cos なのに理由はあるのでしょうか？ **M:** 自分で判断できないのはなぜか？// どちらでもいいのなら、どちらでもいいのでは？

20s2028: 1次元の弦では波を円運動として考えましたが、2次元の膜での波は円運動と考える事が出来るのでしょうか **M:** 弦では何がどう円運動をしているというのか？// 考えることが出来るかどうか、自分で判断できないのはなぜか？

20s2029: 地震の振動は波動方程式で予測出来ますか。 **M:** 自分で判断できないのはなぜか？// 波動方程式で表せない波とは？

20s2030: 1次元の場合には節が点、二次元の場合には節が線であるということは、3次元では節が面ということですか？ **M:** 自分で判断できないのはなぜか？

20s2031: 鼓膜の振動も今日の講義での式で求めることは可能ですか **M:** 20s2001 参照

20s2032: オイラーの公式から導かれる $e^{i\pi} + 1 = 0$ はとても美しい公式だと思うのですが、先生はどう思いますか。どのような点が美しいと思うのかというと、 e : 自然対数の底、 i : 虚数単位、 π : 円周率、 1 : 積の基準、 0 : 和の基準という全く違う数学の中のものゝ等式で結ばれているからです。私はこの等式を見た時に感動しました。先生はどうですか？ **M:** それを聞いてどうするのだろうか？// 言われてみれば、感動する要素が詰まっていることは理解できる。

20s2033: 3次元の振動はまだないのですか？ **M:** 20s2036 参照

20s2034: 宇宙から来た電磁波に古典的波動方程式を適用すればいつどこから発せられた波なのかがわかるのか **M:** 自分で判断できないのはなぜか？// 20s2041 の回答も参照

20s2035: 膜について、核やシャボン玉などを例として取り上げられていましたが、球であれば膜として二次元の波動方程式で記述する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？// 球体と球面 (球殻) とは違う。

20s2036: 弦が1次元、膜が2次元なら3次元ではどのような系が振動すると考えるのですか。 **M:** 自分で考えればいいのでは？自分で考えようと思わないのはなぜ？// 次元数は何の数を表しているのか？何の数に対応しているのか？// 二次元は“縦横”と決まっているのか？“横高さ”ではダメなのか?? “縦高さ”ではダメなのか???

20s2037: 極座標表示と直行座標表示の違いはなんですか？ **M:** 自分で考えてみればいいのでは？自分で考えて分からないのはなぜか？

20s2038: 初期条件で T の値が具体的な数値になっている時はどのような状況を意味しているのでしょうか。 **M:** 自分で考えて分からないのはなぜか？// その具体的な数値で表現されている状況で

しょ?

20s2039: 先生は宇宙移住はいつか成功すると思われませんか? **M:** それを聞いてどうするのだろうか?

20s2040: 牛乳の膜の式も立てられるのですか。 **M:** 20s2001 参照

20s2041: 時間 t がマイナスの場合も考えていましたが、弦の振動開始時刻を $t = 0$ とするわけではないのでしょうか。振動に関して過去に戻るとは同じ振動が無限大の過去から続いていたと考えるのでしょうか。 **M:** 物理法則における時間反転対称性は? // 初期条件や境界条件という“端”というイメージが強いが、特殊解を与える条件として運動の中間地点を指定してもいいのでは?

20s2042: なぜ高周波を全部出すことにより、任意の音を出すことが出来るのでしょうか。 **M:** 微妙に誤解の予感。// フーリエと言ってみるテスト。

20s2043: シュレーディンガー方程式は、電子の振る舞いを表すことができる波動関数であるのだが、心電図のような複雑な波形の変位は求めることは出来るのか? **M:** 心電図はシュレーディンガー方程式で記述する対象なのか? // フーリエと言ってみるテスト

20s2044: 数学的に導いた答えは物理条件を考えることで、初めて物理現象を説明するものとなるということですか? **M:** 自分で判断できないのはなぜか? // 物理条件なしで、どう物理現象に対応させて考えるのか?

20s2045: 1 光年離れている星はその 1 年前の姿にみえます。だとしたら 137 億光年離れている天体を観測すれば宇宙の誕生直後の星の姿を観測できるのですか。 **M:** 自分で判断できないのはなぜ

か? // 読書感想文(仮) ネタか?

20s2046: 時空の歪みであっても問題なく計算出来るのですか。 **M:** 意味不明 // 歪がどうしたというのか? 歪の何を計算するのか?

20s2047: $X(x) = 2iC1 \sin \pi/l \times x$ の $2iC1$ を何故わざわざ B でおいたのか意味分かりません。任意定数を更に任意定数でおく意味が分かりませんでした。 **M:** 質問が記載されていない。// 20s2026 参照

20s2048: 球形であるシャボン玉や殻(かく)はなぜ三次元ではないのですか。面が連なっていると考えるのでしょうか。 **M:** 20s2036 参照

20s2049: $X(x)$ を、2 回微分して $X(x)$ の定数倍となるような値を $X(x)$ としておくために、 $X(x) = \sin \alpha x$ として計算したのですが、「 $0 = (k^2 + \alpha^2) \sin \alpha x$ 」からどうしたらよいですか。 **M:** 普通にやればよいのでは? // “ $AB = 0$ ” ならば “ $A = 0$ または $B = 0$ ”

20s2050: 地球の地震を考える時、マントルや地殻でそれぞれ硬さが違うと思うのですがそれは考慮すべきですか? **M:** 自分で考えて分からないのはなぜか? // 20s2020 参照

20s2051: 縦波の波動方程式はどのように表されますか? **M:** 波動方程式の導出過程を詳細に検討してみれば分かるのでは? // 縦波と横波は、何がどう違うのか?

20s2052: 波はどこまでどこまでも続きますか? **M:** 自分で判断できないのはなぜか? // どの波を考えているのか?