

- 16s2052:** ブタジエンの π 電子モデルについても、箱の中の粒子と同じく電子が存在しない点が現れるのでしょうか M: 自分で考えて分からないのはなぜか? // どんなモデルを考えたのか?
- 17s2025:** 赤外吸収スペクトルがあらわれる条件は入射光のエネルギーがボーアの量子条件を満足することらしいですがどうゆうことでしょうか。 M: 教科書 5 章, 13 章や参考書をよく読めば分かるのでは?
- 18s2003:** 炭素数が大きいポリエンはいろいろな光の波長を吸収するため、黒色になると説明がありましたが、炭素鎖の繋がり方の違いによって黒色の濃さが変わることはありますか? M: 微妙に誤解の予感. // 私は知りません. 調べたり考えたりしてわかったら、教えてくださいネ // 色の濃さ薄さは何で決まるのだろうか?
- 18s2006:** エネルギーは離散的であることはわかりましたが、とびとびの値になることは自然であるといえるのでしょうか。滑らかで連続であるのは波動関数のみでいいということですか。 M: (*) もしもエネルギーが離散的でなければ、例えば水素原子のスペクトルが輝線になることはないのでは? // もしも波動関数が滑らかで連続でなければ、シュレーディンガー方程式 (二階の微分を含む) の解として不適切では? 粒子の存在確率が不連続になるのでは?
- 18s2014:** 箱の端は確率がゼロにならないのですか M: 自分で考えて分からないのはなぜか? // 箱の端での波動関数の値は?
- 18s2045:** ポテンシャルエネルギーが箱の中の粒子以外の例の場合、どんな条件でポテンシャルエネルギーが決定されるのか。またポテンシャルエネルギーは x (位置) の関数でないとならないのか。あるいは時間などの依存も可能か。 M: 物理学の基礎を復習する必要があるのでは? // あなたはどんな系を考えているのか? 系に応じて色々とおあるのでは?
- 18s2046:** 節の場所で粒子いる確率が 0 というのはその節の場所に見えない壁のようなものがあるイメージなのか。 M: 著しく誤解の予感. 20s2046 参照
- 19s2003:** 量子力学的に考えると、1 個の粒子が $x = 0 \sim a$ 間で運動していて、 $n \geq 2$ のとき節ができ、そこで粒子を見つける確率は 0 であると言っていました、その場合粒子はどうやって $x = 0 \sim a$ 間を移動しているのですか M: 20s2046 参照
- 19s2004:** あらゆる色の光を吸収すると黒だとおっしゃっていましたが、白色光とはどう違うのでしょうか? M: 自分で調べるなどの努力を、どれだけしたのでしょうか?
- 19s2011:** 箱の中に電子が複数個存在するとき、電子間に電磁相互作用が働くと思うのですが、そういった相互作用はエネルギーや波動関数に何らかの影響を及ぼすのでしょうか? M: 自分で判断できないのはなぜか? // 古典的な系であればどうなるか? それを参考にして、ハミルトン演算子はどうなるか? // そもそも電子の数が異なればそれは別の系ということになるのだが、別の系が同じエネルギーや波動関数を持つ必然性があるのか?
- 19s2012:** 波動関数の二乗を粒子の見いだされる確率と考えることをボルンの解釈によると教科書では記されているが、他の解釈をした人物がいるのでしょうか。またそれはどのようなものですか。 M: 教科書や参考書をよく読めば分かるのでは? // 20s2037 参照
- 19s2013:** 今回の講義ではブタジエンの π 電子を一次元の箱の中の粒子として考えてエネルギーなどを求めているが、2-メチルブタ-2-エンのような枝分かれ構造を持つ分子やベンゼンのような環状の分子についても一次元の箱の中の粒子の問題として考えることは出来るのですか M: 自分で考えて分からないのはなぜか? // 次元の数は何を意味しているか?
- 19s2017:** 問題 3.32 でボーア型の原子を考察したときに、負のエネルギーが束縛状態に対応とあります

- が、束縛状態とはどのような状態ですか? またなぜこのとき負のエネルギーは束縛状態に対応するのですか? M: コトバの意味が分かなければ、辞書を見ればいいのでは? // 取り扱っている系の状況をよく見極めで考えればいいのでは? // ポテンシャルエネルギーの原点は任意にとっていいので、一般には負のエネルギーだから束縛状態とは言えないのでは? 原子の場合はポテンシャルエネルギーはクーロンポテンシャルで、物理学の基礎・常識ではどうするか?
- 19s2018:** 波動関数の粒子のを見つける確率が 0 になるのは、式で導きだした答え以外でも説明可能なのでしょうか? 例えば、粒子を電子とした時、電子同士の反発で粒子が存在しない場所ができる。のような物理的性質による理由があるのでしょうか M: 本気か? // 今あなたは、どんな系を扱っているのか? 電子が複数の系か?
- 19s2022:** 量子数が増えると箱の中の粒子が見つかる確率が低い場所も増えてしまうのでしょうか。 M: 自分で考えて分からないのはなぜか? // 粒子が見つかる確率が高い場所は増えるか?
- 19s2024:** C が多く着くほど吸収される波長範囲が広くなるのは式で求められるが、その理由は何故か。 M: 著しく誤解している予感. // 波長範囲は、どんな式で求められるというのか?
- 19s2026:** 無機化学で電子の軌道について学んだが、そこでの節面と今回の波動方程式の節とは同じものなのでしょうか M: 波動方程式の節とは? // 自分で判断できないのはなぜか? 電子の軌道は波動関数か? // 20201124 の 20s2018 も参照
- 19s2043:** 一次元の箱の粒子のエネルギーをみると、 n が大きくなるにつれてエネルギー準位の差が大きくなるが、現実的には n がどの値までなら励起できるのか M: 自分で考えて分からないのはなぜか? // 量子数 n に依存して、ボーアの振動数条件 $\Delta E = h\nu$ が成立したりしなかったりするののか?
- 19s2045:** 一次元の箱の中に粒子の障害物があつた場合、シュレディンガー方程式はどのように変化か。 M: その障害物は、粒子にどう作用するの?
- 19s2049:** 1 次元の箱の粒子の運動に関する考察は T 字、十字型などの構造にも用いることが可能か。 M: 自分で考えてみればいいのでは?
- 19s2050:** 古典力学で連続する値だと考えられていた物理量が、量子力学では連続していない値になるのはなぜですか。 M: それが自然の本質だからでは (?) // 20s2032 参照
- 19s2052:** 暗黒物質がない銀河はどのようにして形成されているのだろうか? M: 宇宙論を勉強すれば分かるのでは? // 私たちの銀河とは違うものだろう.
- 20s2001:** 粒子の強度は粒子を見つける確率を示しているのであれば、なぜ強度という分かりづらい言葉を使っているのでしょうか? M: 分かりにくいかどうかは、あなたの主観. // 教科書をよく読めば、古典的な波動との類推で説明しているので、古典物理学を理解していれば分かりやすいはず.
- 20s2002:** n の値が同じ場合は三重結合と単結合が含まれた炭化水素の方が二重結合と単結合を含む炭化水素より長さは短く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?
- 20s2003:** 同じ色に見える異なる物質の、遷移を引き起こすエネルギーの大きさは等しいのですか? M: 自分で考えて分からないのはなぜか? // エネルギーと色 (光の波長) との関係は?
- 20s2004:** 光電効果を含む単元でも量子化について触れていましたが、あえてまたシュレディンガー方程式で量子化について説明をしたのはなぜですか。 M: 著者に聞けばいいのでは? :-p 必要なこと・重要なことは何度繰り返してもよいのでは? // それぞれで何が量子化されたという話だったか?
- 20s2005:** $X=0$ 以外の位置にある粒子のエネルギーはどのようにして求めるのですか。 M: 位置によって、粒子の持つエネルギーが異なるのか? // そもそも $x = 0$ の位置にある粒子のエネルギー

をどうやって求めるのか？

20s2006: 1次元の式なのに2回微分できるのは何故ですか？ **M:** 本気か？ 著しく誤解の予感 // 次元の数と微分の回数との間に、どんな関係があるというのか？

20s2007: 意味のある解とは具体的にどういうことか **M:** 自分で考えて分からないのはなぜか？ 教科書や参考書をよく読めば分かるのでは？ // 意味のない解じゃない解のこと。解には trivial solution と non-trivial solution があり、そのうちの後者のこと。

20s2008: 実際に、一次元の箱のような電子サイズの非常に小さな空間を作って電子一つを閉じ込めることは可能ですか？ ほぼほぼびったりの波打つことができないようなサイズの空間に閉じ込めることができたとしても粒子は波のようにふるまうことができますか？ **M:** “ほぼほぼびったりの波打つことができないようなサイズの空間” とは、どういうことか？ // 電子の大きさは？ 電子サイズの箱を作る材料は何でできている？

20s2009: 教科書 87 ページでマックスボルンはシュレディンガーの解釈に論理的な難点があることに気がつき、とあるのですがこの難点とは何ですか？ **M:** 20s2037 参照

20s2011: 粒子の強度が大きければ大きいほど粒子をみつける確率が上がりますが、同じ粒子でも粒子の見つける確率が変化してしまうのはなぜですか？ **M:** 同じ粒子とは、何と何とが同じという意味か？ // 二つの粒子を比べる話か？ それとも一つの粒子を考えていて、その同じ粒子が別な場所や別な時に観測されたときにという話か？

20s2012: 節の位置で粒子の存在確率が無くなるのは、エネルギーが飛び飛びの値を取ることによって連続ではないからでしょうか。 **M:** 意味不明。コトバを並べているが、意味のある文とは思えない。言語明瞭意味不明瞭

20s2013: わざわざ粒子の強度というわかりにくい言い方をするのはなぜか？ 粒子の存在確率のような言い方の方がわかりやすいのではないか？ **M:** 20s2001 参照

20s2015: $n=2$ のとき、 $x=a/2$ (節) で粒子が存在する確率が 0 となっていたが、粒子が今、 $0\sim a/2$ のところにいたとして、そこから $x=a/2$ を通らずにどのようにして $a/2\sim a$ のところに存在することができるのか **M:** 20s2046 参照

20s2016: $n\rightarrow\infty$ としたときに粒子が存在しない領域が多くなるが、ここでは粒子は存在しないとしてもよいのか。 **M:** 計算上でゼロになるところを、一体どういう論理でゼロでなくできるのか？

20s2018: 粒子を見つける確率が 0 になった際に、粒子はどのような運動をしているのですか？ **M:** 本気か？ // 存在しないものの運動とは、どういうことか？

20s2019: 節のところでは粒子が見つかることはないと言っていました、節の左右で粒子の移動が起こることはないんですか？ **M:** 20s2046 参照

20s2020: 粒子の強度は何の尺度を表していますか？ **M:** 20s2025 参照

20s2021: 箱の中の粒子の波動関数を求める時に一般解で任意定数であった波の振幅を波動関数を規格化することで定めるが、振幅の負の方を考えないのはなぜですか？ 一次元の箱の中の粒子の固有状態における運動量演算子の期待値が 0 になるのはなぜですか？ **M:** 別に、負の方を使いたければ使えばいいのでは？ // 物理的な意味は波動関数の二乗が持つので、振幅の符号の正負には意味がない。// 計算したらそうなるでしょ？ どこに文句があるのか？

20s2022: 結局、粒子の波ってなんですか？ **M:** ド・ブローイ波

20s2023: 全ての波長の光を吸収したら黒になるとおっしゃっていましたが光を吸収しなかったら白になるんですか？ **M:** “全て” の否定は部分否定の “全てではない” では？ // 一部の吸収は普通の着色でしょ (?)

20s2025: 粒子の強度が大きければ大きいほどその粒子にはどのような性質があるのだろうか。 **M:** 粒子の強度とは何か？ 粒子の性質とは何か？ 粒子の強度と性質との間にどんな関係があるというのか？

20s2026: 二次元、三次元の箱の中の粒子でも、エネルギーは離散的ですか？ **M:** 自分で考えて分からないのはなぜか？

20s2027: 教科書の式 (3・21) から、より軽い粒子・より狭い空間のとき、エネルギーがよりとびとびの値をとるということですか？ **M:** “離散的” に程度があるのか？ // 自分で判断できないのはなぜか？

20s2028: 波長が長ければ長いほど色を吸収するといっていました。そのように考えると、紫色の波長を吸収する粒子は赤色の波長は吸収しないということになると思います。しかし、そのように考えると紫色に見えなければならない粒子は赤色に見えてしまうことになると思います。しかし、これはおかしいです。どうしてこんなおかしい結論が出てしまうのでしょうか。 **M:** 勘違いしているからでは？ // そもそも “波長が長ければ長いほど色を吸収する” って、どういうことか？ その根拠は？

20s2029: シュレディンガー方程式は粒子一個の場合しか解けないのか。 **M:** 物理学の基礎を復習する必要があるのでは？ // 三体問題・多体問題 と言ってみるテスト

20s2030: 粒子の強度は、 n が大きくなるとともにそれが大きくなると思っていて、また、粒子を見つける確率に比例するということが分かったが、粒子の存在確率がゼロになる部分が多くなるので反比例ではないのか？ **M:** 思うのはあなたの勝手だが、勘違いでは？ // 粒子の強度と n との関係式は？ 何が粒子を見つける確率に比例するという話か？ 何がどうして反比例なのか？

20s2031: 粒子の強度の変化に伴い粒子の性質も変化しますか **M:** 20s2025 参照

20s2032: ミクロの世界でエネルギーが離散的であるということは、マクロの世界でも厳密に考えるとエネルギーは離散的であるということになると思います。そのように考えると、例えばビー玉は厳密に考えると存在しない領域があるということになるのでしょうか。頭では理解できても、実際に自分が感じているものとは矛盾しているので、理解が深まらず質問させていただきました。ご回答よろしくお願いします。 **M:** 個人の感覚は主観なので、自然・事実と異なることも可能。// 例えばエネルギーが量子化されていたとしても、エネルギー間隔は $h\nu$ のオーダーなので、マクロなエネルギーと比べるとほとんどゼロであって、マクロにはエネルギーは連続しているように見える。またマクロなビー玉などの位置は、どの程度の精度で決定できるだろうか？ それで節の位置に存在するかどうかがわかるだろうか？

20s2033: 粒子の発見できない点を応用して瞬間移動など出来たりしませんか？ **M:** 自分で考えればいいのでは？ できる・できないを暗記しても無意味では？ // 何をどう応用すると瞬間移動になるのか？

20s2034: 一次元の箱の中の粒子のモデルは三重結合をもつアセチレンの π 電子にも適用できるのか **M:** 好きにすればいいのでは？ // できるできないは第三者に決めてもらったり、自動的に決まっていたり、知識として暗記しておくものではない。// 20s2036 参照

20s2035: 図 3・2 を参考にして、グラフの節は粒子の存在確率がゼロということですが、では、その時点を通る時には粒子の存在が消えているということなのですか？ また、どのようにして粒子はその時点を通過しているのですか？ **M:** 20s2046 参照

20s2036: 1次元の箱の中の粒子のモデルが直鎖の共役炭化水素の π 電子に適用できるとありますが、なぜ共役炭化水素のみなのですか。 **M:** 本気か？ // “〇〇ができる” と “〇〇だけしかできない

い” は、論理的に異なる。

20s2037: 波動関数の見解について、シュレディンガーの電子が領域全体に広がっているイメージとマックスボルンの散乱理論の違いはなんですか。 **M:** もしも電子が領域全体に広がっているとすれば、領域を任意に切り分けることで素粒子である電子を分割できるということになるのでは？

20s2038: 球体のような立体が二次元であらわせるなら、三次元はどのような時に使うのでしょうか。 **M:** 別に、必要な時に使えばいいのでは？ 次元の数の意味は？ // 球体と球面は違う。

20s2040: 授業中にてできた粒子の存在できない場所についてです。私たちの身の回りのものは全てなんらかの粒子でできていますがその粒子が存在しないとなると空間として本当にそこは成り立っているのですか。 **M:** 私たちがどんな系について考えていたのかを忘れている。(一次元では) 節は大きさのない点であることも忘れているのでは？ // その粒子が存在しない点があっても、他の粒子もそうだとは限らない。または、粒子が存在しない空間があってはならない根拠は何か？

20s2041: 一次元の箱という存在しないモデルを考えて軌跡のない量子化学粒子の動きを考えることは身の回りのどんなことに活かされているのか。 **M:** たとえば、物質（ブタジエンやポリフィリン）の色の話が教科書に書いてあるのだが？ それを読んでどこが理解できないのでしょうか？

20s2042: 節の時に粒子を見つける確率が 0 になるのは、粒子が動いていないからということでしょうか。 **M:** 本気か？ // どういう系を考えているのか、忘れているのでは？

20s2043: 節には粒子がないと言われていたので、「節を除く」という語句を「 $x \sim x + dx$ の間に粒子を見つける確率に比例する」という文に入れないと、誤解というか誤差を生じるのではないか？ **M:** どんな時にどの程度の誤差を生じるのか？ // x が節の位置のとき $\psi^*(x)\psi(x)dx$ の値はいくつ？ dx って、どのくらいの大きさ？

20s2045: 万有引力の法則の式を見ると 2 物体の質量が重力の強さに関わっていることが分かりますが、質量がないはずの光がブラックホールに引き寄せられるのは何故ですか？ **M:** 重力が非常に大きいときにも、万有引力の法則は成り立つのか？ // 相対性理論を勉強すれば分かるのでは？

20s2046: 一次元の箱の中で両端の他の粒子が存在しない部分を粒子はどう通過するんですか？ **M:** 量子力学的粒子は、軌跡を持つような運動をしない。すなわち節を挟んで一方から他方へと動いていくような軌跡を持つ運動はしない。

20s2047: $\sqrt{2mE} \cdot a / \hbar = n \pi$ を展開して E について解いた式を $E = n^2 \cdot \hbar^2 / 8ma^2$ と表していましたが、与式の両辺を二乗して E について整理したとき、 π^2 が残ると思ったのですが、 π^2 はどこに行ったのですか。 **M:** どうしてその場で言うていただけなかったのでしょうか？ // はじめの式は正しいのか？

20s2048: 波動関数の節は分子軌道の節面と同じですか。 **M:** 自分で判断できないのはなぜか？ // 勉強すれば分かるのでは？ // 分子軌道は波動関数か？

20s2049: エネルギーが大きくなるにつれて、粒子を見つける確率が上がるということは、「粒子を見つける＝エネルギーを観測する」ということですか。 **M:** 著しく誤解の予感 // “エネルギーが大きくなるにつれて、粒子を見つける確率が上がる” と、どこで誰が言ったのでしょうか？ 教科書や参考書に書いてありますか？

20s2050: 一次元の箱の中の粒子をブタジエンに応用する時、 n が炭素数になるのはなぜですか？ **M:** どうしてその場で聞いていただけなかったのでしょうか？ // もしも異なるものに同じ文字を用いてしまっていたのなら、適宜読み替えてください。 // ということで、意味を理解せずに式を暗記しても混乱するだけです。

20s2051: 炭素数が異なる炭化水素が多く含まれると色が黒くなるのなら、有機物を多く含む土壌も同じような理由で黒いのですか？ **M:** 自分で考えて分からないのはなぜか？ // 土壌は有機物だけでできているわけではありません。

20s2052: 粒子の存在確率が 0 の場所は粒子が通れないということですか **M:** 自分で判断できないのはなぜか？ 国語力不足か？ // “存在確率がゼロ” は、文字通りに存在の確率がゼロということであって、それ以上でもそれ以下でもありません。