

16s2052: 水素原子のスペクトルは同位体では異なるものが観測されるのでしょうか、それとも電子と陽子の数は変わらないので同じように観測されるのでしょうか M: 同位体は何が違うか? その違いは対象とする物性に影響をおよぼすか? // 月は地球の周りをまわっているか? // 章末問題 5.44-5.47 参照

17s2022: 水素原子の半径を実験的に求めることもできますか? M: 本気か? // 共有結合半径とかイオン半径とか. それぞれの半径の定義は?

17s2025: 水素原子の半径がボーア半径で与えられるのは何故でしょうか。 M: 論理が逆では? // 水素原子の基底状態の (最小の) 軌道半径を“ボーア半径”と名付けた。

18s2003: なぜ、バルマー系列は $n=3$ からスタートするのですか? $n=1$ はともかく、 $n=2$ からスタートしてはいけないのでしょうか? M: なぜ“ $n=1$ はともかく”なのだろうか? // 教科書や参考書をよく読めばいいのでは? // (1.11) 式で言えば表 1.1 に示されている通り、 $n_1 = 1, n_2 = 2, 3, 4, \dots$ はライマン系列、 $n_1 = 2, n_2 = 3, 4, 5, \dots$ はバルマー系列 等なのだが...(?)

18s2006: なぜラザフォードは実験において金箔を用いたのでしょうか。別の金属箔では実験にならないというようなことはあったのでしょうか。 M: 本気か? 金に特有な性質は? // ラザフォードに聞けばいいのでは? :-p

18s2010: 仮に電子を持たないプロトン粒子でスペクトルの測定を行ったらスペクトルは得られないのか M: 自分で判断できないのはなぜか? // 水素原子のスペクトルは、水素原子の何がエネルギーを吸収するのか?

18s2014: 輝線の値は 2 通りあるのはなぜですか M: 意味不明。“値が 2 通り”とはどういうことか?

18s2045: 水素原子の「大きさ」として、電子が安定な位置に存在しないのにもかかわらず、大きさを示すことができるのはなぜか。 M: 誤解の予感。// ボーアの大胆な仮定が全く理解されていないようで残念。

18s2046: 粒子が波動性を持つことが示されているのなら波動が粒子としての性質を持つことも示されているのか M: 本気か? // 黒体放射や光電効果やコンプトン効果を全く理解していないようで残念。

19s2003: トムソンのモデルの場合、水素原子以外では中心の電子はどうふるまうのですか。 M: 別名“葡萄パンモデル”で、(多数の) 干しブドウが電子らしい。どこまで緻密なモデルなのかは知らない。

19s2004: 水素原子以外の原子の大きさも計算で求められますか? 実際の大きさとは大きな差はないのでしょうか? M: ボーアモデルは多電子原子に適用可能だったか? // 正しい量子力学に基づけば可能。

19s2005: 水素原子の大きさの他に理論的な計算のみで求められるものはありますか M: 教科書や参考書を読めばいいのでは? // もちろん水素原子のスペクトル!!

19s2011: ボーアのモデルで「遷移するときに電磁波を放出・吸収する」とありましたが、1 つの軌道上では電磁波を放出・吸収しないのは実験的に証明されたのでしょうか? M: 教科書や参考書をよく読めばいいのでは? // ボーアの理論の論理構造を理解していないようで残念。

19s2012: 同じ族であったり同じ周期の原子スペクトルを比べると似たようなものになりますか? M: 原子スペクトルについて、似ている・似ていないの判定基準は何か?

19s2013: 基底状態における水素原子の半径を実験等で測定することは出来るのでしょうか。また、もし出来たとしたら、理論的に求められたボーア半径と実測値で誤差は生じるのでしょうか。

19s2017: 図 1.9 で波が打ち消し合うと書かれているのですが、軌道上の波はその場に何かしらの形でずっと残っているものなのですか? M: 激しく誤解の予感。20s2045 参照 // 軌道上の一点に電子が存在していると観測されたとき、その電子は何周目なのだろうか?

19s2018: ボーア半径を求めるとき水素原子は $n=1$ というのは当時は既知だったのでしょうか。また、この時に s 軌道以外の軌道については水素型原子で仮説はなかったのでしょうか。 M: 本気か? ボーア理論が知られる前に、ボーア理論で求められる水素原子の基底状態の半径が $n=1$ だと知られている.....(?) // ボーア理論が知られる前に、水素原子の電子構造として s 軌道やその他の軌道について知られている.....(?)

19s2022: ボーア理論では多くの仮定によって軌道半径が求められるようになりましたが、この仮定がひとつでも違ったら別の式が生まれていたのでしょうか。 M: 自分で考えてみれば分かるのでは?

19s2024: ド・ブローイの仮説は自然の中の素晴らしい対象性を暗示しているという記述があるが、その”対称性”とは何か。 M: あなたが聞きたいのは、“対象性”と“対称性”のどちらなのか? // コトバの意味が分からなければ、辞書を見ればいいのでは?

19s2026: $n = 1$ のときに水素の最小の軌道半径になるとのことですが、これは 1s 軌道と同義なのですか。 M: 教科書や参考書をよく読めばいいのでは?

19s2043*: 電子が遷移するとき、電子はどのように移動するのか M: “遷移 (transition)” は特別な言葉で、始状態と終状態のみを考え、途中でどうなっているかは考えない (知らない)。

19s2045: 原子のそれぞれの殻に入る電子数はどのようにして見つけられたのか? M: 今では殻は主量子数に対応することがわかっている。教科書 6 章や参考書を読んで勉強すればいいのでは?

19s2049: 水素原子の電子の挙動と重水素原子の電子の挙動は同じか。中性子が電子の動きに影響を及ぼすことはありうるか。 M: 16s2052 参照

19s2050: スペクトルで輝線が存在しない気体はあるのですか。 M: 自分で考えて分からないのはなぜか? // 励起エネルギー準位が存在しないとは、どういうことか?

19s2051: 光電効果が紫外領域で支配的に起きるのはなぜですか? M: 自分で考えて分からないのはなぜか? // 現実の物質 (金属) のしきい振動数はいくつか? しきい振動数がゼロでない理由は何か?

19s2052: ダークマターのように現代の物理学にも未解決の問題がありますが、これらを解決させる法則や規則は存在するのだろうか、また、その法則は人間にどのような利益をもたらすのだろうか? M: 発見して初めて、存在が証明される。しかし、存在を信じず探求を怠れば、発見することはできないだろう。// 未来予知? 予想を越えて用途が広がるから、

20s2001: 原子の内部構造で科学者たちは電子と正電荷 (陽子) については存在があると考えていましたが、中性子について考えなかったのは電荷がなかったからでしょうか? M: 当時、何が知られていたのでしょうか? // 科学史を勉強すればいいのでは?

20s2002: リュードベリの式を使えば全ての輝線を求められるとあったが、この式で求められる輝線に限界はないのか。 M: 本気か? // “全て”の意味を理解できないのか?

20s2003: 固有の発光スペクトルは電子の分布に依存しているので、固有の発光スペクトルの違いは規則的なのですか? M: 自分で考えて分からないのはなぜか? // 電子の分布の違いは規則的なのか?

20s2004: ボーアの原子構造理論では、ヘリウムの半径やエネルギーなどについて何か一つでも正しい

値を得られることはありますか **M:** 19s2005 参照

20s2006: トムソンとラザフォードとボーアのモデルの中で 1 番古いのはトムソンのモデルですか？

M: 自分で調べてみればいいのでは？ // 読書感想文 (仮) のネタか？

20s2007: ボーアはどのようにラザフォードのモデルの方を採用したのか？ラザフォードの方がトムソンよりも良かった点があったのか **M:** 本人に聞けばいいのでは？ :-p

20s2008: 発光スペクトルは原子が輝線スペクトルで分子が帯状のスペクトルになるとインターネットで見ました。分子のほうが複雑だからスペクトルが幅広くなるのですか？ // 人体の構成元素で最も多いのは O らしいですが、もし人間を真空中で放電にさらしたりすると O と同じような発光スペクトルが得られるのでしょうか？ **M:** 原子と分子を比較して、後者が帯状の発光スペクトルになると説明しているのであれば、理由も記載されているはず。または、教科書や参考書を読んで勉強すれば分かるのでは？ // 人体のスペクトルは、知らない。

20s2009: リッツの結合則は実験結果から導き出せたので正しいということですか？なぜこうなるのかわからない場合でも法則は正しいといえるのですか？ **M:** 法則の正しさは、どうやって確かめるか？ // 論理学を勉強した方がいいのでは？ 実験結果から導き出された誤った法則もあるだろうし、実験結果から導き出されていないが正しい法則もあるだろうし。

20s2010: 実測値がなく、計算で求められることがどれほど凄いか、また他にもそのように求められたものはあるのですか？ **M:** 原子があの大きさであることに、理由があるなんて、すごいと思いませんか？ // 19s2004, 19s2005 参照

20s2011: 教科書にはリュードベリの式は水素原子スペクトルのすべての輝線を説明すると書いていますが、輝線を説明するということが何がわかるのですか。 **M:** 原子の内部構造がわかる。

20s2012: トムソンのモデルではなぜラザフォードのモデルやボーアのモデルとはだいぶそれたような中心に負電荷があり正電荷が周りに分布しているということになったのか。 **M:** 本人に聞けばいいのでは？ :-p

20s2013: ラザフォードは当時の技術でどのようにして反射される線を観測したのですか。 **M:** “線を観測” というところが微妙ですが、写真乾板と予想してみます。

20s2015: 水素という 1 種類の原子から、ライマンや、バルマー、パッシェンなどの数種類の輝線の系列が現れるのはなぜか **M:** ボーアモデルを勉強すれば分かるのでは？

20s2016: ラザフォードはもともとどのような目的で金箔にアルファ線を照射する実験を行っていたのか？ **M:** 18s2006 参照

20s2017: 水素原子の大きさ (ボーア半径) の導出を高校生のときにやったことがありました。そのときにはわからなかったすごさがわかった気がしました。水素原子の実際の半径は実験によって出せるものなのですか？ **M:** 17s2022 参照

20s2018: 発光スペクトルは同位体の元素で実験を行うと、普通の元素とは異なった結果が得られるのでしょうか？ **M:** 16s2052 参照

20s2019: リュードベリ定数で教科書には 1.0968×10^5 と書いてありますが先生は紙に 109680 と書いていました。小数第 5 位を四捨五入していることを考えると 109680 は正しい数字とは言えないのではないですか？ **M:** 教科書本文はこの値が記載されている。最新の値は $R_\infty = 109737.31568160(21) \text{ cm}^{-1}$ (CODATA2018)

20s2020: 電子が核から受けるクーロン引力が回転運動の遠心力と釣り合っているのは何故ですか？ **M:** 簡単な力学の問題ですが、..... 物理学の基礎を復習する必要があるのでは？

20s2022: 物質が、観測できるほどの波動性を示すのは、どのくらいの重さまでですか？ **M:** 波動性

(物質波の波長) は重さと関係あるのか？

20s2023: スペクトルってなんですか？ **M:** 言葉の意味が分からなければ、辞書を見ればいいのでは？

20s2024: リュードベリの式の系列名について教科書に載っていない $n = 5$ 及び 6 はあまり使用する頻度が少ないのでしょうかか **M:** “使用する” とは、何に使用することを想定しているのか？ // 眼で見てわかる可視領域にある系列が最も有名なものは、自然な流れでは？

20s2025: リュードベリ原子が基底状態の原子とかけ離れた性質を持つのはなぜか。 **M:** “リュードベリ原子” とは何か？ // 電子配置が異なり、状態が異なるのだから、性質に違いがあっても不思議はないのでは？

20s2027: 元素の発光スペクトルは電子軌道が関わってくるのに、Na と Mg のように電子を放出したとき同じ電子配置になる元素で異なるスペクトルになるのは何故ですか？エネルギーが異なるからですか？ **M:** 自分で考えてわからないのはなぜか？ // 発光スペクトルに、どの電子の軌道が関与しているのか？

20s2028: 光は波と粒子の二重体ということを知りましたが、粒子が波のように伝わるという認識でよいでしょうか **M:** 自分で判断できないのはなぜか？ // 自分の認識について、いちいち他人に判定してもらわなければならないのであれば、自律した行動は不可能では？

20s2030: 水素原子スペクトルの系列には、教科書に載っている 4 つ以外にプント系列、ハンフリーズ系列というのがあることは知ったのですが、スペクトル線の長さがわからないので、教えていただきたいです。 **M:** 実測値は自分で調べればいいのでは？ // 計算値なら、リュードベリの式を用いて自分で計算すればいいのでは？

20s2031: 人為的にトムソンのモデルを作ることは可能ですか **M:** 何かの勘違いでは？ // そもそもモデルは人が考えるものなので、人為的でしょ (?)

20s2032: ボーア半径の式の n の値は原子番号数と一致しているのですか。もし、一致しているのなら、水素原子以外の原子の大きさも計算して求められるのですか。 **M:** 勉強すれば分かるのでは？ // 19s2004 参照

20s2033: なぜ光の三原色を混ぜた色と色の三原色を混ぜた色は違うのでしょうかか色も光の反射で見えるなら同じでも不思議ではないのですが。 **M:** 眼 (検出器) に到達する光の波長 (色) は？ // それぞれ加法混合と減法混合などともいう。

20s2034: ボーアのモデルを利用すると水素原子のスペクトルも理論的に説明することができるのか。 **M:** 教科書や参考書を読んで勉強すれば分かるのでは？

20s2035: 水素原子の大きさが理論的に計算求めることに成功したが、他にも理論的に計算して求めることができたものはあるのですか？ **M:** 19s2004, 19s2005 参照

20s2036: $(1 \cdot 17)$ の式では水素原子の半径しか求められないのでしょうか？ **M:** 本気か？ 自分で判断できないのはなぜか？ // 何についてのどういう式なのか？ 論理構成、前提や式の意味などを確認すればいいのでは？

20s2037: リュードベリの式は水素原子以外には使われないのですか？ **M:** 19s2004 参照

20s2038: 公式ででてくる n には自然数が入りますが、その自然数はなにを示しているのでしょうか。 **M:** 教科書 6 章や参考書も読んで勉強すればいいのでは？

20s2039: 先生は世の中のすべての現象に公式が存在すると思われませんか？ **M:** 世の中の全ての現象が知られているか？ // 万物理論 (TOE) は、まだ得られていないと思ったが、.....(?)

20s2040: 授業で長岡の原子モデルを紹介しなかったのはなぜですか。 **M:** 講義時間には限りがあるので、全てのモデルを詳細に紹介する余裕はない。長岡のモデルはラザフォードのそれと似ている

ところがあるので、あえて別物として紹介する意義は小さい。

20s2041: ラザフォードのモデルにおいて X 線を照射した際に反射することがあるから正電荷の核を持つと考えられたのはなぜか。正電荷が広く分布していてもそのうちの何個かが反射しそうに思えてしまう。 **M:** 事実誤認も著しい予感。 // ラザフォードの実験や、トムソンのモデルについて、丁寧な確認が必要なのでは？

20s2042: 結晶性の物質は、X 線回折によりドブローイ波を観測できると記述されていましたが、結晶性の物質以外の観測方法はあるのでしょうか？また、結晶性の物質は、純物質と混合物の両方可能なのでしょうか。 **M:** 事実関係に誤認アリの予感 // 混合物の結晶ってアリか？

20s2043: 原子モデルでトムソンとラザフォードのモデルはどちらも電子を点として捉えています。点と捉えないモデルを考えることは出来なかったのでしょうか？また、トムソンのモデルと反対に電子を分布として捉えることは出来なかったのでしょうか？ **M:** 本気か？ // 電子を点と考えないとは、具体的にどんなモデルを想定しているか？ // 物質から負電荷をもった粒子が飛び出してくるという実験事実をどう考えるか？

20s2044: 水素原子以外の原子の大きさを理論的に計算して求めることは可能ですか **M:** 19s2004 参照

20s2045*: 光波の媒質は空間、音波の媒質は空気であるなら、ドブローイ波の媒質は何なんですか。 **M:** 微妙に誤解の予感 // ド・ブローイ波という言い方をすることもあるが、物質波は運動している粒子が“波動性”を持つことを意味していて、粒子があたかも波が伝わるかのように振る舞う様を言っているのであって、現実に何らかの波が伝わっていくことを意味してはいない。

20s2046: 公式で近似できないものはあると思いますか。 **M:** 20s2039 参照

20s2047: リッツの結合則で、スペクトル中からうまく 4 つを選ぶとその 2 つの差同士が等しくなるということの、うまく選ぶとは具体的にどういうことですか？自分は $\nu_a + \nu_b = \nu_c$ から逆算して ν_d を求めることでどの組み合わせも作ることが出来ると思ったのですがその解釈で合っていますか？もしそうなら仮に ν_1 から ν_n まで輝線があったとき、リッツの結合則に基づく組み合わせは $n/4$ 通り出来ると思うのですが合っていますか？ **M:** 日本語力不足か？“下手に選ぶ”と、どういうことになるか？ // 解釈が合ってるかどうか、自分で判断できないのはなぜか？そもそも“合う”とは、何と何とが合うという話か？

20s2048: バルマーの式やリュードベリの式に用いられている自然数 n とは何の数を表したのですか？ **M:** 20s2038 参照

20s2049: トムソン、ラザフォード、ボーアの順に原子モデルが発表されていますか。 **M:** 自分で調べてみればいいのでは？ 読書感想文 (仮) のネタ (?)

20s2050: ボーア理論を水素以外の元素に拡張できないのはなぜですか？ **M:** 自分で考えて分からないのはなぜか？ // 例えば He について、ボーア理論の論理構造にならって考察を進めるために粒子間の相互作用を数え上げると……

20s2051: 純粋に理論的に求められた式は他にどのようなものがあるのか？ **M:** そりゃあ色々あるでしょうね、自分で勉強して探してみればいいのでは？

20s2052: どうやって原子の内部構造が考察されるんですか **M:** 例えばボーア理論について、教科書や参考書をよく読んでみれば分かるのでは？