

演習問題 1

内容を振り返るために、以下に示した文章例の中から適切な記述のものを複数選んでください。

(1) 物質の三態についての、正しい言葉はどれでしょうか？

- (a) マクロな視点で考えると、気体と液体は流れますが、固体は流れなくて形状を変えません。
- (b) 固体は、何らかの粒子が規則的に並んだ「結晶」としてモデル化される場合が多く見受けられます。
- (c) 固体の粒子間隔は、一般に液体のそれよりも長くなっています。
- (d) 液体をミクロに見ても、内部には一見してわかるような規則的な構造を有しません。
- (e) 気体において粒子は自由に運動していますが、その粒子間隔は液体よりも短くなっています。

解答

(正しい選択肢)

(a), (b), (d)

(解説)

固体のモデルである結晶においては一般に粒子間隔が短く、液体では気体の粒子間隔は長くなっています。なお、粒子間隔は密度の逆数です。

液体をミクロに見ても、内部には一見してわかるような規則的な構造を持たないことに注意してください。

(2) 結晶についての、正しい言葉はどれでしょうか？

- (a) 固体をミクロに見たとき、内部の粒子間に相互作用が存在すると考えられます。
- (b) Lennard-Jones ポテンシャルは、相対的に速く消失する引力と遠くまで働く斥力との差として二体間の相互作用を表します。
- (c) ポテンシャルを積分すると働く力が算出できます。
- (d) ポテンシャルの極小値において二粒子間の力は 0 となります。
- (e) 粒子間の距離が短くなりすぎると斥力が働き、離れすぎると引力が働きますから、その間に安定状態があります。

解答

(正しい選択肢)

(a), (d), (e)

(解説)

Lennard-Jones ポテンシャルは、二体間の相互作用を書き表したポテンシャルです。これは、相対的に速く消失する斥力と遠くまで働く引力との「和」として表されていることに注意してください。このポテンシャルを「微分」すると、二体間に働く力が算出できます。

(3) 「固体と液体」についての、正しい言葉はどれでしょうか？

- (a) 固体と液体との境目で融解や結晶化が生じるとき、比熱や体積は連続的に変化します。
- (b) 固体の融解や液体の結晶化において、物質の内部で粒子のパッキングや運動状態も変化します。
- (c) 液体を形成する粒子の相互の位置は、規則的では有りません。
- (d) マクロな状態は、ミクロな粒子が熱エネルギーにより自由に動こうとするという状態と居心地

のいい位置に留まりたいという状態との2つの状態のせめぎあいが決まります。

(e) 液体では、熱の影響が相対的に小さいので、それぞれの粒子が自由に移動します。

解答

(正しい選択肢)

(b), (c), (d)

(解説)

固体と液体との境目で融解や結晶化が生じるときには比熱や体積に「飛び」が生じます。このとき、物質の内部では粒子のパッキングや運動状態も変化していると考えられています。

マクロな状態はミクロな粒子がどのように運動するかで決まり、これは、熱エネルギーとポテンシャルとの釣り合いで決まります。熱の影響が相対的に大きくてそれぞれの粒子が一箇所に留まらない状態が液体です。

(4) 流れるということについての、正しい言葉はどれでしょうか？

(a) 液体が流れるときには、内部の粒子が瞬間ごとの居心地のいい状態に移動しています。

(b) 固体と呼ばれるものは、いくら長時間待っていても決して流れません。

(c) 液体を速く変形すると固体的に振る舞う場合があります。

(d) 液体を冷却すると、結晶化するとは限らないでガラス状態になることもあります。

(e) ガラス化するときも、一般には体積に飛びが出てきます。

解答

(正しい選択肢)

(a), (c), (d)

(解説)

固体と呼ばれるものであっても、非常に長時間観察していると流れる場合もあります。一方、液体も固体的に振る舞うこともありますから、その境目は曖昧です。

また、ガラス化してもミクロに内部を見た時には液体と見分けが付きませんから、一般に体積の飛びは有りません。

(5) 応力の由来についての、正しい言葉はどれでしょうか？

(a) 固体の応力は、内部のミクロな粒子が安定な位置から変位した結果生じると考えられます。

(b) 固体内部の応力は、直ちに消失します。

(c) 液体を変形させると、局所的に歪んだかごのような状態ができます。

(d) 液体においても、居心地のいい状態からの変位で応力が発生します。

(e) 歪んだ液体で生じた局所的な応力は、流れても消えません。

解答

(正しい選択肢)

(a), (c), (d)

(解説)

固体内部で生じる応力はミクロな粒子の変位によるものであり、外部からの変形が維持されていれば、一般には解消されません。

一方、液体で生じる局所的な応力は、ミクロな粒子の運動によるマクロな流動とともに消失します。

演習問題 2

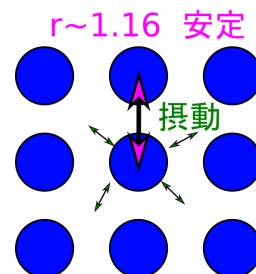
内容を振り返るために、テキストで用いた言葉を使って簡単な穴埋めを行ってください。

(1) 「固体と液体」について、 (a) から (i) までのカッコを埋めてください。

(a) 粒子多体系での相互作用について

多体系での相互作用

- 多体の (a) を簡略化して、
- (b) の相互作用に基づくとするば、
- 多体の粒子が (c) の近傍で摂動

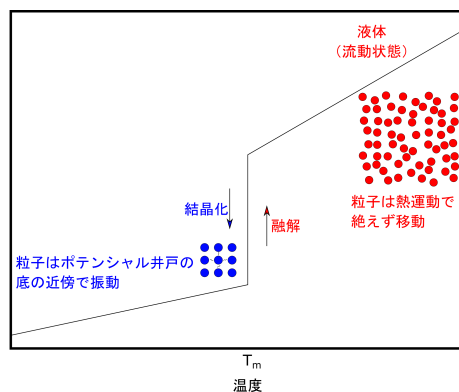


(b) 固体と液体の相転移について

固体と液体の相転移

- マクロに見れば
 - 融解、結晶時に、
 - (d) に「飛び」
- ミクロに考えると、
 - 内部の (e) が変化
 - (f) も変化

エネルギー
or
体積



(c) 固体と液体の違いとは

ミクロに考えた固体と液体の違い

ミクロな状態での2つのせめぎあい

- 粒子は (g) で揺らされる。
- (h) のいい位置に留まりたい。

その結果として、

- 固体：相対的に揺動小
 - ポテンシャル井戸の底近傍で振動
 - 内部構造を形成。
- 液体：熱揺動が大きい
 - 多くの粒子が相互作用
 - 構造が (i)

選択肢

- | | | | | |
|-----------|----------|----------|---------|-------|
| 1. 熱エネルギー | 2. 相互作用 | 3. 居心地 | 4. 運動状態 | 5. 不定 |
| 6. 二体間 | 7. 比熱や体積 | 8. パッキング | 9. 安定状態 | |

解答

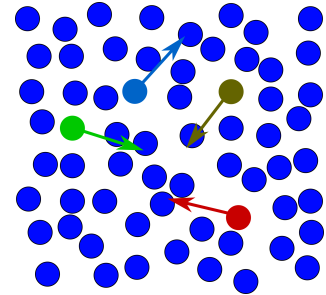
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)
2	6	9	7	4	8	1	3	5

(2) 「流れるということ」について、 から までのカッコを埋めてください。

(a) ミクロに見た流動のイメージ

ミクロな流動のイメージ

- マクロな変形を与える。
 - － ミクロに粒子の相互位置が変化
 - － 相互のポテンシャルのために、 粒子が発生。
 - － 粒子の移動のバランスが変化
 - － 居心地のいい位置へと
- マクロな変形に従うように、粒子の位置が 。



(b) 固体と液体の境目は？

では固体的に

- 流動するとは、
 - － 隙間に粒子が移動
 - － に他の粒子が移動
- 粒子が動くより速く変形しようとすると？
 - － 速い速度で水を変形 (高所から飛び込み)
 - － 液体が固体的な挙動



長時間では に

- 長時間では氷河も流れる



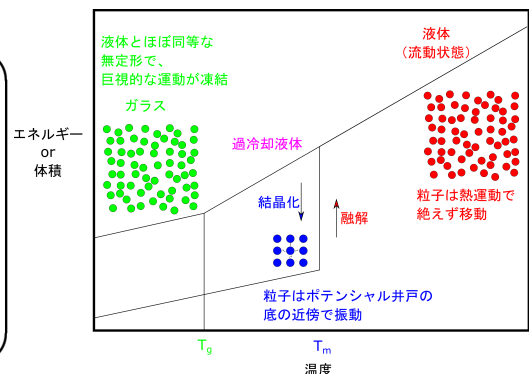
- コールタールも漏斗から流れ落ちる



(c) ガラス状態について

ガラス状態

- 液体からの冷却で、
- 常に するとは限らない。
 - － 非晶体:
 - － 流れない
 - － 例えば、 等



選択肢

1. 窓ガラス 2. 再配置 3. 液体的 4. 最適化 5. 速い変形
6. アモルファス 7. 結晶化 8. 居心地が悪い 9. 空いた場所

解答

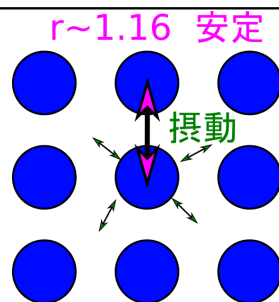
(j)	(k)	(l)	(m)	(n)	(o)	(p)	(q)	(r)
8	2	4	5	9	3	7	6	1

(3) 「応力の起源」について、 から までのカッコを埋めてください。

(a) 結晶の応力の起源について

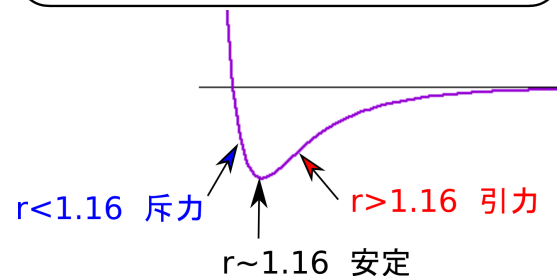
マクロな変形の付与により

- 固体内部でもミクロに変形
- マクロと相似に変形と単純化
- 粒子間で から変位



ミクロに安定な位置から変位

- 局所的には二体間で考えると、
 - － 接近した場合は、 \Leftrightarrow 斥力
 - － 離反した場合は、 \Leftrightarrow 引力
- その として、マクロな応力が発生



(b) 固体と液体の違い

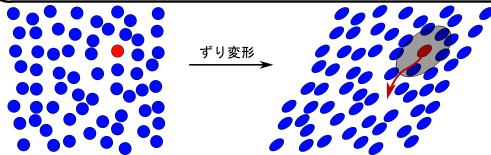
固体と液体の違い

- 固体では
 - － 単純な固体は一様に変形すると考えて、
 - － 生じる応力が一様で
- 液体の場合
 - － 変形を止めれば、応力も する考える。
 - － このとき、液体内部では、
 - * 粒子同士の相互作用が増加
 - * 粒子が すれば、増加分が消失

(c) 液体の応力について

マクロな変形

- マクロにせん断変形を付与
 - － ミクロにも粒子近傍が変形
- 一粒子に着目すると、
 - － ポテンシャル場が変化
 - － 局所的に「」



ミクロな応力から流動へ

- 「歪んだかご」の結果、
 - － 粒子のが悪化
 - － 局所的な応力が発現
 - － 積分値としてマクロな応力
- 「歪んだかご」からの脱出
 - － ミクロな応力が消失
- マクロにも
 - － マクロな応力も消失

選択肢

- 移動
- 居心地
- 消失
- 積分値
- 持続的
- 流動
- 歪んだかご
- 安定位置

解答

(s)	(t)	(u)	(v)	(w)	(x)	(y)	(z)
8	4	5	3	1	7	2	6

演習問題 3

説明文中の言葉を使って数行程度の簡単な記述で構いませんので、以下の自由記述問題を考えてみてください。

- (1) この章では、物理化学として物質を見直すという観点で、固体と液体の違いについてミクロなイメージの説明を行いました。

レオロジーという学問においては、流れるということが最も重要な現象となりますので、文中の言葉をそのまま使って結構ですから、ご自分なりの「流れるとはどういう現象なのか」ということを書いてみてください。

解答例

流れるという現象は、マクロに与えた変形等の刺激に対して、液体がその形を変えることによって、与えられた刺激をなかったことにしていく過程と考えることができる。なお、変形を与えている間は、その変形速度に比例する形で移動（流れ）を止めようとする応力が発生する。

この現象をミクロに見ると、物質の内部で粒子の居心地が悪くなった際に、それを改善するためにミクロな物質の移動が生じていると考えることが出来る。