

モデリング物理学期末試験問題

以下の5問すべてに解答しなさい。各問20点で満点は100点です。解答は、一問あたりA4半ページ程度を目安に、図や要点リストを使って分かりやすく答えなさい。解答用紙が足りない場合は、解答用紙のおもて面に「ウラに続く」と明記した上で、裏面を使用しなさい。

1. 宇宙コロニーは、月と地球との相対的位置関係が動かないトロヤ点と呼ばれるL4あるいはL5に設置されるべきである。下の記述を読み、ラグランジュ点でなぜ相対位置が固定されるかを手順に従って説明せよ。

エネルギーの地形には、旅行者にとって魅惑的な特徴の場所がほかにもあり、なかでも重要なのがラグランジュ点である。地球と月だけからなる系を思い浮かべてほしい。1772年にジョゼフ＝ルイ・ラグランジュは、どの瞬間にも、2つの天体の重力場と遠心力が正確に打ち消しあう地点が5カ所存在することを発見した。そのうちの3つは地球と月を結ぶ直線上にあり、L1はそれらのあいだ、L2は地球から見て月の反対側、L3は月から見て地球の反対側にある。これらは、1750年頃にスイス人数学者のレオンハルト・オイラーがすでに見つけていた。しかしそのほかに、トロヤ点と呼ばれるL4とL5が存在し、これらは月と同じ軌道上だが、月から60度前方および後方にある。月が地球の周りを回るとともに、ラグランジュ点も公転する。

(イアン・スチュアート著「世界を変えた17の方程式」、ソフトバンククリエイティブ、2013、p.89)

手順1: 月と地球が作る重力ポテンシャルの等高線図を描け。(5点)

手順2: ラグランジュ点L1-L5(L4,L5がトロヤ点)をプロットせよ。(5点)

手順3: 「重力場と遠心力が正確に打ち消しあう」とはどういうことかを説明せよ。(10点)

2. 気体の状態方程式 $PV = nRT$ の意味をピストン中の気体分子の挙動モデルを用いて解説せよ。また、そのモデルにおける熱の本質はなにか記述せよ。
3. PN接合によって交流電流が整流される原理を説明せよ。

4. 図??のようなエネルギー準位を示す AB 分子がある。化学反応 $A+B \rightarrow AB$ に伴う反応熱を求めよ (単位は eV/分子)。またこのような異核 AB 分子を等核分子と比較した表を作成し、それぞれのエネルギー準位図、ポテンシャルと電子雲を模式的に書き、化学結合における共有性度、イオン性度をしるせ。
5. ガスタービン機関 (図??) は、回転圧縮機で圧縮した空気を加熱し、高温高圧のガスでタービンを回して、回転軸から出力を取り出す。排気された気体は、環境において冷却されて吸気口より入ると考える。この基本サイクルは図??に示した $P-V$ 図および $T-S$ 図からなるブレイトンサイクル (Brayton cycle) である。このガスタービンの模式図 (図??) を書き写し、1-4 までが a-d のどこに当てはまるかを記せ。また、等圧加熱、等圧放熱、等エントロピー圧縮、等エントロピー膨張過程がどこにあたるかを $1 \rightarrow 2$ などで記せ。