

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。配点は()で記しています。解答は、大問あたり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。

- ガスタービン機関(図1(a))は、回転圧縮機で圧縮した空気を加熱し、高温高压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1(b)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。
 - $p-V$ 図および $T-S$ 図の1,2,3,4がガスタービンの模式図a,b,c,dのどこに当てはまるかを記せ(10点)。
 - 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→2などで記せ(10点)。

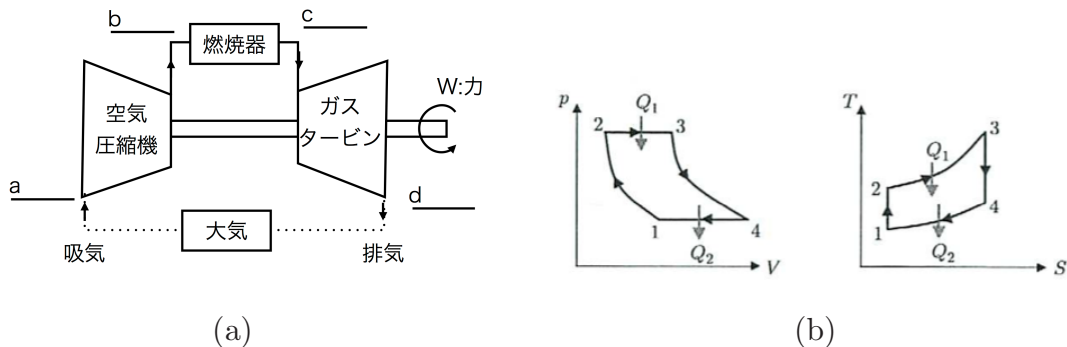


図1 ガスタービン機関の模式図(a)と $p-V, T-S$ 図(b)(中島健著「やさしく学べる工業熱力学」森北, 2004).

- 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)
3. プリズムによってプロジェクタから出た白色光は赤色から青色までスペクトル分解された。
(a) 模式図 2(a) に示される右の壁面に投影されたスペクトルで赤色, 青色がどちら側にあつたかを示せ。(5 点)
(b) ホイエンズ (Huygens) が描いた図 2(b) の必要な部分を書き写して, プリズムによる光の回折の原理を解説しなさい。(10 点)
(c) 図 2(b) から, 光の速度の違いの原因は, 周波数の変化によるか, あるいは波長の変化によるかが予想できる。理由を付してその予想を答えよ。(5 点)

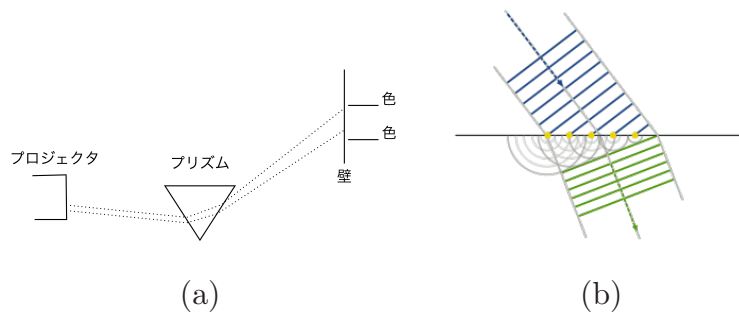


図 2 プリズムによる光のスペクトル分解の模式図 (a) およびホイエンズの原理を示す図 (b).

4. (20 点) 回路図 3 を書き写し, 直流電源から交流を作り出す原理を説明しなさい。またその際に使われるパワーデバイスの役割と要求される性能を書き出しなさい。

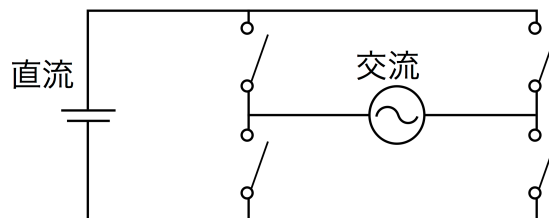


図 3 直流電源から交流電源を作る回路。

5. (20 点) 電流が一定に流れる原理は, 雨滴やパチンコと同じである。また, 太陽系と原子系もよく似た対象・用語として覚えやすくしている。物理学で見られるこのような例を一つ挙げてその原理, あるいは概念の類似点, 相違点を書き出しなさい。