

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。

- 添付のPISAの試験に関する記事を読み、次の問いに答えよ。
 - (5点) 太郎さんの結論の問題点を物理学的用語で解説しなさい。
 - (10点) 地球の温暖化が温室に例えられる理由(あるいは類似点)を解説しなさい。
 - (20点) 花子さんが指摘した要因を keywords (平衡, 惑星アルベド, 変動パラメータ) を使って、数式で説明しなさい。
- (10点) 下記の記述を参考にして、ジェットエンジンサイクルの T - S 図(図1(b))を書き写して、空欄に妥当な1-6の数字を入れなさい。

発電に使われるガスタービンサイクルと、飛行機のジェットエンジンサイクルは同じブレイトンサイクルで記述されます。ジェットエンジンでは、ガスタービンの出口圧力を大気圧まで落とさずに、高圧のガスをノズルで加速して運動エネルギーに変えて推力を生みだしています。ジェットエンジンが航空機に用いられる理由は、その重さに対して出力が大きい事です。

ジェットエンジンサイクルの T - S 図は以下の状態変化に対応しています。

状態変化 1→2: 機体の推進による大気の等エントロピー圧縮

状態変化 2→3: 圧縮機による等エントロピー圧縮

状態変化 3→4: 燃焼器における等圧加熱

状態変化 4→5: タービンにおける等エントロピー膨張

状態変化 5→6: ノズル内の等エントロピー膨張

状態変化 6→1: 大気中で自然に放熱される。サイクルにおいては放熱器と見なす

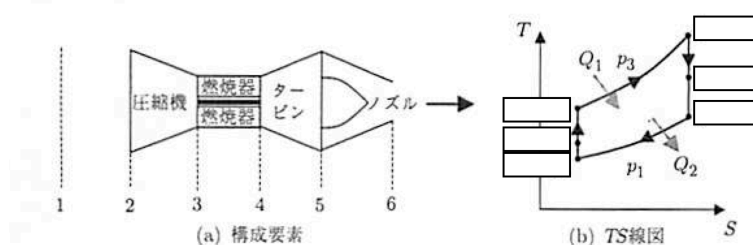


図 9.22 ターボジェットエンジン

図1 ターボジェットエンジンの模式図と T - S 図(中島健著「やさしく学べる工業熱力学」森北, 2004, p.160.).

- (20点) ホイエンズが描いた図2の必要な部分を書き写して、光の回折に関するスネルの法

則の原理を解説しなさい。スネルの法則は、媒質中(下付き添字 1,2)の光の速度(v)と回折角(θ)、波長(λ)の関係を

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

と表わす。また、この法則から、プリズムで波長に従って色が分解される理由は何に考えられるか。

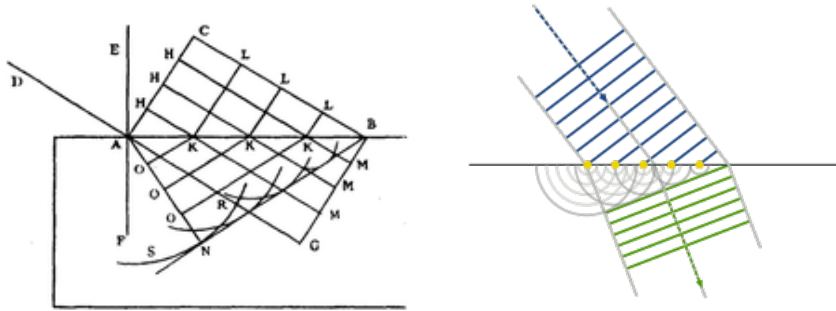


図2 スネルの法則を解説するホイエンズの図(1678 *Traité de la Lumière*, Christiaan Huygens)およびその簡略図。

4. (15点) 核崩壊と核分裂を比較せよ。
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理屈である。パチンコの玉の速度、重力による加速度、釘による反射と、電子の金属中での挙動を比較して解説を試みよ。

これが国際標準の学力テスト

PISA調査の問題例 科学的リテラシー・温室効果に関する問題 (2006年調査)

問題

温室効果

次の課題文を読んで、以下の間に答えてください。

温室効果—事実かフィクションか

生物は、生きるためにエネルギーを必要としている。地球上で生命を維持するためのエネルギーは、太陽から得ている。太陽が宇宙空間にエネルギーを放射するのは、太陽が非常に高温だからである。このエネルギーのごく一部が地球に達している。

空気のない世界では温度変化が大きい、地球の大気は地表をおおう防護カバーの働きをして、こうした温度変化を防いでいる。

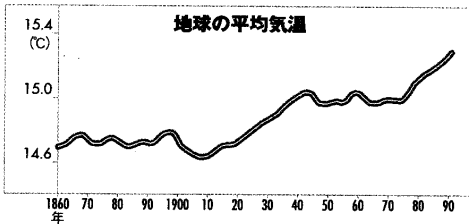
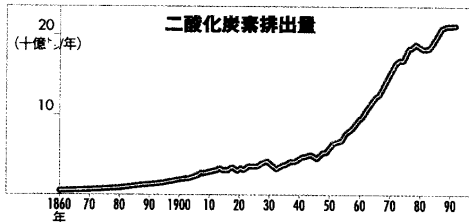
太陽から地球へくる放射エネルギーのほとんどが地球の大気を通過する。地球はこのエネルギーの一部を吸収し、一部を地表から放射している。この放射エネルギーの一部は太陽に吸収される。

その結果、地上の平均気温は、大気がない場合より高くなる。地球の大気は温室と同じ効果がある。「温室効果」というのはそのためである。

温室効果は20世紀を通じていっそう強まったと言われている。

地球の平均気温は確かに上昇している。新聞や雑誌には、二酸化炭素排出量の増加が20世紀における温暖化の主因であるとする記事がよく載っている。

太郎さんが、地球の平均気温と二酸化炭素排出量との間にどのような関係があるのか興味をもち、図書館で次のような二つのグラフを見つけた。



太郎さんは、この二つのグラフから、地球の平均気温が上昇したのは二酸化炭素排出量が増加したためであるという結論を出しました。

正答例と解説

問1

太郎さんの結論は、グラフのどのようなことを根拠にしていますか。

<正答例> CO₂の排出量が増えるにつれ、気温が上昇している。／CO₂の排出量と、地球の平均気温との関係が相関している。など

【正答率 日本69.3% OECD平均53.9%】

(ポイント) いずれの答え方でも正答として同じ点数がカウントされるが、気温と二酸化炭素排出量の関係を「正の相関」や「直接比例」といった用語で表現した回答は、日本や韓国、香港で多く見られた。

問2

花子さんという別の生徒は、太郎さんの結論に反対しています。花さんは、二つのグラフを比べて、グラフの一部に太郎さんの結論に反する部分があると言っています。

グラフの中で太郎さんの結論に反する部分を一つ示し、それについて説明してください。

<正答例> 1900～10年には、CO₂は増加しているが気温は低下している。／1800年代には気温はほとんど同じだったが、CO₂の排出量は増え続けた。など

【正答率 日本54.4% OECD平均34.5%】

(ポイント) 完全正答と見なされるには、グラフの特定の部分で両者が同時に増減していないことを指摘する必要があり、上記事例はいずれも◎。2つの曲線の相違を述べても時期を特定しない、片方のグラフの不規則性のみを指摘する、といった回答の場合は部分正答として減点される。

問3

太郎さんは、地球の平均気温が上昇したのは二酸化炭素排出量が増加したためであるという結論を主張しています。しかし花さんは、太郎さんの言うような結論を出すのはまだ早すぎると考えています。花さんは、「この結論を受け入れる前に、温室効果に影響を及ぼす可能性のある他の要因が一定であることを確かめなければならない」と言っています。

花さんが言おうとした要因の一つあげてください。

<正答例> 太陽の熱と、おそらく地球の位置の変化／空気中の水蒸気／大気汚染 など

【正答率 日本17.6% OECD平均18.9%】

(ポイント) 温室効果に影響を及ぼす可能性のあるCO₂以外の要因を認識しているかが問われる。正答するには、太陽からくるエネルギーないし放射熱のことか、天然の成分または汚染物質が存在する可能性を述べなければならない。日本では中学校理科の課程に当たり、正答率はOECD平均並みの18%だった。オランダ(34%)、フィンランド(32%)、香港(31%)などの正答率が高かった。