

科 目	必・選	担 当 教 員	学年・学科	単位数	授 業 形 態							
物性物理化学 (Physical Chemistry of Solids)	選	田中和彦	5 年生 物質工学科	2	通年 週 2 時間							
授業概要	半導体, 超伝導体, 発光ダイオード, 有機エレクトロルミネセンス材料などの固体物質が発現するさまざまな性質を原子構造, 電子構造, 化学結合, 結晶構造, 光学現象などの基礎的視点から学ぶ。											
到達目標	マクロな固体の物性をミクロな原子や分子, あるいは電子の挙動から理解できること。物性と化学構造との関連を理解するために, 必要な演習問題を解く能力を身につける。											
評価方法	中間・期末の試験 (60%) と小テスト, レポート (40%) で評価する。											
教科書等	教科書: 上野信雄他著 (基本化学シリーズ5) 「固体物性入門」 (朝倉書店) 参考書: 坪村 宏著「新物理化学上・下」 (化学同人) ; P. A. コックス著, 魚崎浩平他訳「固体の電子構造と化学」 (技報堂出版) ; 田中勝久著「固体化学」 (東京化学同人)											
内 容					学習・教育目標							
第 1 週	ガイダンス	年間講義の概略・予定, 固体化学の復習			C-1							
第 2 週	固体物性とは	原子・分子構造と電子配置, イオン化エネルギー			C-1							
第 3 週	試料の精製と作製法	スパッタリング法, 帯域溶融法			C-1							
第 4 週	試料の同定・純度決定	元素分析, 分光学的測定法			C-1							
第 5 週	固体の構造	(1) 化学結合, 分子の極性, 分子間力 [小テスト-1]			C-1							
第 6 週	固体の構造	(2) イオン結晶, 限界半径比, 面心・体心立方構造			C-1							
第 7 週	固体の構造	(3) 物質の三態, アモルファス, 誘電体			C-1							
第 8 週	結晶構造の解析	(1) 単位格子, 格子面, ミラー定数 [前期中間試験]			C-1							
第 9 週	結晶構造の解析	(2) ブラッグの式			C-1							
第 10 週	結晶構造の解析	(3) 粉末X線回折, 格子面間隔			C-1							
第 11 週	固体の光学的性質	(1) 光の吸収と反射, 光ファイバー			C-1							
第 12 週	固体の光学的性質	(2) 格子振動と強制振動モデル [小テスト-2]			C-1							
第 13 週	電気伝導 I	(1) オームの法則, 導体中の電荷の流れ			C-1							
第 14 週	電気伝導 I	(2) 銅線中の電流の速度			C-1							
第 15 週	電気伝導 II	(1) 固体中での電子の衝突, ドリフト速度 [前期期末試験]			C-1							
第 16 週	電気伝導 II	(2) 電気抵抗の温度変化			C-1							
第 17 週	電気伝導 III	(1) 固体の特有な電子エネルギー状態			C-1							
第 18 週	電気伝導 III	(2) エネルギー帯, 電子の運動			C-1							
第 19 週	電気伝導 III	(3) 電子状態の測定法, 光電効果			C-1							
第 20 週	不純物半導体	(1) 電子と正孔, p 型・n 型半導体 [小テスト-3]			C-1							
第 21 週	不純物半導体	(2) ボルツマン分布・フェルミ・ディラック分布			C-1							
第 22 週	不純物半導体	(3) 真性半導体・電子伝導, フェルミ準位			C-1							
第 23 週	不純物半導体	(4) 不純物半導体, 電子伝導, ドナー・アクセプター準位 [後期中間試験]			C-1							
第 24 週	不純物半導体	(5) p n 接合・トランジスター			C-1							
第 25 週	超伝導	(1) 無機・有機超伝導体, マイスナー効果			C-1							
第 26 週	超伝導	(2) 電気伝導, クーパー対			C-1							
第 27 週	薄膜	(1) 分子の衝突, 平均自由行程 [小テスト-4]			C-1							
第 28 週	薄膜	(2) 真空中の薄膜作製			C-1							
第 29 週	相転移	(1) 相平衡, 相転移			C-1							
第 30 週	相転移	(2) 相転移のエントロピー変化 [後期期末試験]			C-1							
(特記事項)		JABEE との関連										
		JABEE	a	b	c	d1	d2a) d)	d2b) c)	e	f	g	h
		本校の学習 ・教育目標	A	A	C-1	C-1	C-2	B	B	D	C-3	B

1. 合格ラインについて, 特に記載の無いものは, 60 点以上を合格とします。

2. 定期試験について, 特に記載の無いものは, 評価配分を均等とします。(【例】年 4 回定期試験を実施した場合の各定期試験の評価配分は, 概 記載の無いものは, 25% ずつとなります。)

簡単な概要

第1週～4週

物性物理化学は、半導体、液晶、発光ダイオード、有機エレクトロルミネセンス材料 などに見られる物質の性質（物性）を物理的・化学的に解明する学問分野である。固体の物性は原子・分子の集合状態（結晶構造）、および分子間相互作用によって著しく影響を受けるので、物性理解のためには結晶構造の知識が不可欠である。固体物質の同定や純度を調べる手段として、視覚的観察手法や元素分析法以外に、電子のエネルギーを測定する分光学的手法（XPS法・オージェ電子分光法など）がある。これらの分光学的手法の特徴を学習する。

第5週～12週

マクロの固体物質は莫大な数の原子・分子から成り立っているため、その構造を表現することはきわめて難しい。しかし、結晶構造が周期性を持つ場合には、格子単位と格子定数を用いて数種類の結晶系に分類できる。ここでは、金属の結晶構造と最密充填構造、格子定数と原子半径の関係、充填率の計算、格子面とミラー定数の関連、ブラッグの式を用いた格子面間隔の計算法などを習得する。

第13週～19週

オームの法則と導体中の電荷の流れを学び、ついで銅の伝導電子密度や銅線中を流れる電子の速度を求める。真空中の電子の速度と比較して、固体中の電子の速度が遅いのは原子などと衝突をくり返して進むからである。この現象を雨滴の終端速度と比較して学習する。また、電気抵抗の温度変化や固体中を運動する電子の質量（有効質量）の概念も学ぶ。

第20週～24週

情報化時代の技術基盤になっている半導体を理解するために、エネルギーバンドの概念、電子と正孔の移動、価電子帯、伝導帯、バンドギャップ、フェルミ準位などを学ぶ。さらに、金属、絶縁体、半導体のエネルギーバンドの特徴やマックスウエル・ボルツマン分布関数とフェルミ・ディラック分布関数との違いを学習する。

また、n型半導体やp型半導体の特徴、ドナー準位、アクセプター準位、pn接合とトランジスターの原理、発光ダイオード、有機エレクトロルミネセンスの原理についても学習する。金属ナトリウムのフェルミ準位の計算やn型半導体のキャリアー密度の計算が行えるようにする。

第25週～26週

超伝導体を示す特異な完全反磁性現象を理解し、クーペー対に基づく超伝導現象を学ぶ。また、新しい材料である酸化物高温超伝導体や有機超伝導体の構造と性質を学習する。

第27週～28週

有機エレクトロルミネセンス素子の作成には、数百ナノメートルの厚さで薄膜を真空蒸着することが要求される。ここでは、真空蒸着における蒸発分子と残留気体分子との衝突や蒸発分子の平均自由行程などを求める手法を学習する。

第29週～30週

物質は気相、液相、固相の三態に分類できるが、高温高圧下では第四の相ともいえるべき超臨界状態が存在することを状態図により理解し、その特異な性質を学ぶ。さらに、物質の融点、沸点、耐熱性、熱容量、熱伝導性などの熱的性質、相転移の応用である形状記憶材料、相転移のエントロピー変化について学習する。

これらの学習から、マクロな固体物質や材料が発現する種々の物性を、物質のミクロな結合状態や結晶構造、電子の挙動などの基礎的・物理化学的視点から考え、理解できるようにする。

ミクロな構造や性質

原子の電子状態

化学結合・分子構造

分子の集合・結晶構造など

マクロな物質の物性

強度・耐熱性・電気伝導

半導体、相転移、超伝導

光の吸収・反射、屈折、色、発光など