

津山工業高等専門学校		開講年度	令和04年度 (2022年度)		授業科目	物性物理
科目基礎情報						
科目番号	0104		科目区分	一般 / 必修		
授業形態	講義		単位の種別と単位数	履修単位: 1		
開設学科	総合理工学科(電気電子システム系)		対象学年	4		
開設期	前期		週時間数	2		
教科書/教材	教科書：藤本晶著 基礎電子工学 森北出版参考書：市村正也著 高校化学からはじめる半導体 オーム社 竹内淳著 高校数学でわかるシュレディンガー方程式 ブルーバックス 講談社 竹内淳著 高校数学でわかる半導体の原理 ブルーバックス 講談社 古川, 荻野, 浅野共著 電子デバイス工学 森北出版					
担当教員	香取 重尊,中村 重之,久保 敏弘					
到達目標						
学習目的：量子力学の基礎的な知識の習得にはじまり，電子デバイスに使われる半導体工学について学習すると共に，半導体デバイスの基礎的事項を習得することを目的とする。						
到達目標： 1. 簡単な量子力学について説明できる。 2. 量子数とパウリの排他律について説明できる。 3. 半導体のエネルギー帯構造について説明できる。 4. 半導体のキャリアについて説明できる。 5. キャリア密度とフェルミ準位について説明できる。 6. 半導体の電気伝導について説明できる。 7. p n接合とダイオードについて説明できる。						
ルーブリック						
	優	良	可	不可		
評価項目1	ボーア条件から水素原子の電子の軌道半径と全エネルギーを求められる。	粒子と波動の二重性，ボーアの仮説，ド・ブロイ波を説明できる。	参考書を利用して、粒子と波動の二重性，ボーアの仮説，ド・ブロイ波を説明できる。	粒子と波動の二重性，ボーアの仮説，ド・ブロイ波を説明できない。		
評価項目2	主量子数，副量子数，磁気量子数を説明でき，軌道の形の違いを説明できる。	量子数，パウリの排他律について説明できる。	参考書の図面を利用して、量子数，パウリの排他律について説明できる。	量子数，パウリの排他律を説明できない。		
評価項目3	半導体のエネルギー帯構造の形成についてメカニズムを説明できる。	半導体のエネルギー帯構造について伝導帯，禁制帯，価電子帯の図が描ける．金属，半導体，絶縁体のエネルギー帯構造の違いを説明できる。	参考書の半導体のエネルギー帯構造の図面を利用して、金属，半導体，絶縁体のエネルギー帯構造の違いを説明できる。	半導体のエネルギー帯構造について伝導帯，禁制帯，価電子帯の図が描けない．金属，半導体，絶縁体のエネルギー帯構造の違いを説明できない。		
評価項目4	キャリア密度の温度特性図が描け，真性領域・出払い領域・不純物領域の説明ができる。	自由電子と正孔について説明できる．真性半導体と不純物半導体の違いを説明できる．不純物準位について説明できる。	参考書の自由電子と正孔の図面を利用して、真性半導体と不純物半導体の違いを説明できる．不純物準位について説明できる。	自由電子と正孔について説明できない．真性半導体と不純物半導体の違いを説明できない．不純物準位について説明できない。		
評価項目5	状態密度と分布関数，キャリア密度について式を導き出せる。	状態密度と分布関数，キャリア密度について式の意味を説明できる．フェルミ準位について説明できる。	参考書中の電子の状態の図を利用して、状態密度と分布関数，キャリア密度、フェルミ準位について説明できる。	状態密度と分布関数，キャリア密度について式の意味を説明できない．フェルミ準位について説明できない。		
評価項目6	キャリア連続の式を使うことができる。	ドリフト電流と拡散電流を説明できる．キャリアの生成と再結合について説明できる。	参考書のドリフト電流と拡散電流の説明図面などを利用して、ドリフト電流と拡散電流、キャリアの生成と再結合について説明できる。	ドリフト電流と拡散電流を説明できない．キャリアの生成と再結合について説明できない。		
評価項目7	ダイオードの整流作用について式を使って定量的に説明できる。	pn接合のエネルギー準位図を描ける．ダイオードの整流作用についてエネルギー順位図を用いて定性的に説明できる。	参考書のpn接合のエネルギー準位図を利用して、ダイオードの整流作用について定性的に説明できる。	pn接合のエネルギー準位図を描けない．ダイオードの整流作用についてエネルギー準位図を用いて定性的に説明できない。		
学科の到達目標項目との関係						
教育方法等						
概要	一般・専門の別：一般 学習の分野：電気・電子 基礎となる学問分野：工学／工学基礎 学習教育目標との関連：本科目は総合理工学科の学習教育目標「③基盤となる専門性の深化」のための科目である。 技術者教育プログラムとの関連：本科目が主体とする学習・教育到達目標は「(A) 技術に関する基礎知識の深化，A-1：工学に関する基礎知識として，自然科学の幅広い分野の知識を修得し，説明できること」であるが，付随的には「A-2」にも関与する。 授業の概要：この授業では，半導体の電子の振る舞いに関係した物性論を取り扱う。半導体中の電子や正孔の振る舞いをエネルギーに着目して説明し，半導体素子であるダイオードやトランジスタなどの動作原理の理解に必要な基礎知識を養う。					
授業の進め方・方法	授業の方法：板書またはプロジェクタによりスライドを投影し授業を進める。適宜演習を行い，内容理解度をチェックしながら進めていく。 成績評価方法：2回の定期試験の結果をそれぞれ同等に評価し（70％），演習課題（30％）の結果と合わせて評価する。 理解度が不十分な学生には課題を課すことがある。再試験を行う場合は再試験結果を上限60点として定期試験結果に入れる。定期試験を実施せず，課題と小テストの結果のみで評価する場合もある。					

注意点	履修上の注意：本科目は必修科目であり、学年の課程修了のために、本科目履修（欠課時間数が所定授業時間数の3分の1以下）が必須である。					
	履修のアドバイス：トランジスタやLED、太陽電池など半導体デバイスの動作原理を理解するための基礎となる重要な科目である。聞きなれない言葉や、新しい考え方が多いかもしれないが、分からないところは積極的に質問すること。					
	基礎科目：電子回路Ⅰ（3年）、物理Ⅰ,Ⅱ（1,2）、化学Ⅰ,Ⅱ（2,3）					
	関連科目：電子工学（4年）、電気電子材料（5）、電子回路Ⅱ（4）、電子デバイス（専2）、応用物理Ⅰ,Ⅱ（4,5）、量子科学（5）					
	受講上のアドバイス： 授業開始時に出欠を取り、その際に不在の者は遅刻とする。遅刻3回で欠課1回とする。 初めて聞く言葉や概念が多いので、わからないところはそのままにしないで教員の部屋まで積極的に聞きに来ること。復習を十分すること。レポートは欠かさず提出すること。					
授業の属性・履修上の区分						
☐ アクティブラーニング		☐ ICT 利用		☐ 遠隔授業対応		☐ 実務経験のある教員による授業
必修						
授業計画						
		週	授業内容	週ごとの到達目標		
前期	1stQ	1週	ガイダンス、古典力学（ニュートン力学）の復習	それぞれ以下の内容について理解する		
		2週	量子力学の発見〔粒子と波動、ド・ブロイ波〕	粒子と波動の二重性、ド・ブロイ波		
		3週	原子中の電子〔ボーアのモデル、量子数、パウリの排他律〕	ボーアのモデル、量子数、パウリの排他律		
		4週	固体のエネルギー帯（エネルギー準位、エネルギー帯）	エネルギー準位、エネルギー帯		
		5週	固体のエネルギー帯（真性半導体と外因性半導体）	真性半導体と外因性半導体		
		6週	固体のエネルギー帯（ドナとアクセプタ）	ドナとアクセプタ		
		7週	前期中間試験			
		8週	前期中間試験の返却と解答解説			
	2ndQ	9週	キャリア密度と電気伝導率（キャリア密度、フェルミ準位）	キャリア密度、フェルミ準位		
		10週	キャリア密度と電気伝導率（状態密度、分布関数）	状態密度、分布関数		
		11週	半導体の電気伝導（ドリフト電流、拡散電流）	ドリフト電流、拡散電流		
		12週	半導体の電気伝導（キャリアの生成と再結合、連続の方程式）	キャリアの生成と再結合、連続の方程式		
		13週	p n接合とダイオード（p n接合と電位障壁）	p n接合と電位障壁		
		14週	p n接合とダイオード（整流作用、接合容量）	整流作用、接合容量		
		15週	前期末試験			
		16週	前期末試験の返却と解答解説			
モデルコアカリキュラムの学習内容と到達目標						
分類		分野	学習内容	学習内容の到達目標	到達レベル	授業週
基礎的能力	自然科学	物理	力学	速度と加速度の概念を説明できる。	3	
				直線および平面運動において、2物体の相対速度、合成速度を求めることができる。	3	
				等加速度直線運動の公式を用いて、物体の座標、時間、速度に関する計算ができる。	3	
				平面内を移動する質点の運動を位置ベクトルの変化として扱うことができる。	3	
				物体の変位、速度、加速度を微分・積分を用いて相互に計算することができる。	3	
				平均の速度、平均の加速度を計算することができる。	3	
				自由落下、及び鉛直投射した物体の座標、速度、時間に関する計算ができる。	3	
				水平投射、及び斜方投射した物体の座標、速度、時間に関する計算ができる。	3	
				物体に作用する力を図示することができる。	3	
				力の合成と分解をすることができる。	3	
				重力、抗力、張力、圧力について説明できる。	3	
				フックの法則を用いて、弾性力の大きさを求めることができる。	3	
				質点にはたらく力のつりあいの問題を解くことができる。	3	
				慣性の法則について説明できる。	3	
				作用と反作用の関係について、具体例を挙げて説明できる。	3	
				運動方程式を用いた計算ができる。	3	
				簡単な運動について微分方程式の形で運動方程式を立て、初期値問題として解くことができる。	3	
				運動の法則について説明できる。	3	

				静止摩擦力がはたらいっている場合の力のつりあいについて説明できる。	3	
				最大摩擦力に関する計算ができる。	3	
				動摩擦力に関する計算ができる。	3	
				仕事と仕事率に関する計算ができる。	3	
				物体の運動エネルギーに関する計算ができる。	3	
				重力による位置エネルギーに関する計算ができる。	3	
				弾性力による位置エネルギーに関する計算ができる。	3	
				力学的エネルギー保存則を様々な物理量の計算に利用できる。	3	
				物体の質量と速度から運動量を求めることができる。	3	
				運動量の差が力積に等しいことを利用して、様々な物理量の計算ができる。	3	
				運動量保存則を様々な物理量の計算に利用できる。	3	
				周期、振動数など単振動を特徴づける諸量を求めることができる。	3	
				単振動における変位、速度、加速度、力の関係を説明できる。	3	
				等速円運動をする物体の速度、角速度、加速度、向心力に関する計算ができる。	3	
				万有引力の法則から物体間にはたらく万有引力を求めることができる。	3	
				万有引力による位置エネルギーに関する計算ができる。	3	
				力のモーメントを求めることができる。	3	
				角運動量を求めることができる。	3	
				角運動量保存則について具体的な例を挙げて説明できる。	3	
				剛体における力のつり合いに関する計算ができる。	3	
				重心に関する計算ができる。	3	
				一様な棒などの簡単な形状に対する慣性モーメントを求めることができる。	3	
				剛体の回転運動について、回転の運動方程式を立てて解くことができる。	3	
		熱		原子や分子の熱運動と絶対温度との関連について説明できる。	3	
				時間の推移とともに、熱の移動によって熱平衡状態に達することを説明できる。	3	
				物体の熱容量と比熱を用いた計算ができる。	3	
				熱量の保存則を表す式を立て、熱容量や比熱を求めることができる。	3	
				動摩擦力がする仕事は、一般に熱となることを説明できる。	3	
				ボイル・シャルルの法則や理想気体の状態方程式を用いて、気体の圧力、温度、体積に関する計算ができる。	3	
				気体の内部エネルギーについて説明できる。	3	
				熱力学第一法則と定積変化・定圧変化・等温変化・断熱変化について説明できる。	3	
				エネルギーには多くの形態があり互に変換できることを具体例を挙げて説明できる。	3	
				不可逆変化について理解し、具体例を挙げることができる。	3	
				熱機関の熱効率に関する計算ができる。	3	
	波動			波の振幅、波長、周期、振動数、速さについて説明できる。	3	
				横波と縦波の違いについて説明できる。	3	
				波の重ね合わせの原理について説明できる。	3	
				波の独立性について説明できる。	3	
				2つの波が干渉するとき、互いに強めあう条件と弱めあう条件について計算できる。	3	
				定常波の特徴(節、腹の振動のようすなど)を説明できる。	3	
				ホイヘンスの原理について説明できる。	3	
				波の反射の法則、屈折の法則、および回折について説明できる。	3	
				弦の長さや弦を伝わる波の速さから、弦の固有振動数を求めることができる。	3	
				気柱の長さや音速から、開管、閉管の固有振動数を求めることができる(開口端補正は考えない)。	3	
				共振、共鳴現象について具体例を挙げることができる。	3	
				一直線上の運動において、ドップラー効果による音の振動数変化を求めることができる。	3	
				自然光と偏光の違いについて説明できる。	3	
				光の反射角、屈折角に関する計算ができる。	3	
				波長の違いによる分散現象によってスペクトルが生じることを説明できる。	3	
	電気			導体と不導体の違いについて、自由電子と関連させて説明できる。	4	
				電場・電位について説明できる。	4	
				クーロンの法則が説明できる。	4	

				クーロンの法則から、点電荷の間にはたらく静電気力を求めることができる。	4	
				オームの法則から、電圧、電流、抵抗に関する計算ができる。	4	
				抵抗を直列接続、及び並列接続したときの合成抵抗の値を求めることができる。	4	
				ジュール熱や電力を求めることができる。	4	
専門的能力	分野別の専門工学	電気・電子系分野	電子工学	電子の電荷量や質量などの基本性質を説明できる。	4	
				エレクトロンボルトの定義を説明し、単位換算等の計算ができる。	4	
				原子の構造を説明できる。	4	
				パウリの排他律を理解し、原子の電子配置を説明できる。	4	
				結晶、エネルギーバンドの形成、フェルミ・ディラック分布を理解し、金属と絶縁体のエネルギーバンド図を説明できる。	4	
				金属の電気的性質を説明し、移動度や導電率の計算ができる。	4	
				真性半導体と不純物半導体を説明できる。	4	
				半導体のエネルギーバンド図を説明できる。	4	
				pn接合の構造を理解し、エネルギーバンド図を用いてpn接合の電流－電圧特性を説明できる。	4	
				バイポーラトランジスタの構造を理解し、エネルギーバンド図を用いてバイポーラトランジスタの静特性を説明できる。	4	
				電界効果トランジスタの構造と動作を説明できる。	4	

評価割合

	試験	発表	相互評価	自己評価	課題	小テスト	合計
総合評価割合	70	0	0	0	30	0	100
基礎的能力	0	0	0	0	0	0	0
専門的能力	70	0	0	0	30	0	100
分野横断的能力	0	0	0	0	0	0	0