COURSE CATALOG FORM
(DERS KATALOG FORMU)

Course Code / Ders Kodu: BMED3312				**Course Name:** Biomedical Instrumentation II **Ders Adı** : Biyomedikal Cihazlar II			
Semester (Dönem)	**Lc+PS+L (D+U+L)**	**Local Credit (Yerel Kredi)**	**ECTS (AKTS)**	**Language (Dil)**	**Category (Kategori)**	**Instructional Methods (Öğretim Yöntemleri)**	**Prerequisites (Ön Koşullar)**
6	2+0+2	3	6	English (İngilizce)	Core Course (Zorunlu)	Lecture + Lab (Ders+Lab)	BMED3311 or BMED3301
Course Objectives (Dersin Amaçları)	To develop advanced engineering competence in physiological pressure, flow, respiratory, optical, thermal, acoustic, and chemical measurement systems; to enable students to calibrate and validate sensors, quantify uncertainty and artifacts, design advanced BIOPAC/BSL PRO experiments, integrate multimodal physiological signals, and complete a reproducible biomedical instrumentation project with written and oral defence. Fizyolojik basınç, akış, solunum, optik, termal, akustik ve kimyasal ölçüm sistemlerinde ileri mühendislik yetkinliği kazandırmak; öğrencilerin sensörleri kalibre edip doğrulamasını, belirsizlik ve artefaktları nicelendirmesini, ileri BIOPAC/BSL PRO deneyleri tasarlamasını, çoklu fizyolojik sinyalleri bütünleştirmesini ve yazılı-sözlü savunmalı tekrarlanabilir bir biyomedikal cihaz projesi yürütmesini sağlamaktır.						
Course Content (Dersin İçeriği)	Physiological pressure and flow measurement; respiratory mechanics, airflow, spirometry and pulmonary-function instrumentation; photoplethysmography, pulse oximetry and vascular timing; optical, thermal, acoustic, electrochemical and wearable sensors; displacement, force, pressure, accelerometer and MEMS principles; calibration, dynamic response, uncertainty, sampling, synchronization, signal averaging, event detection, signal-quality indices, low-SNR measurement and multimodal sensor fusion; wireless/mobile health, implantable systems, safety, regulation, privacy and responsible AI. Twelve advanced BIOPAC laboratories begin in Week 1 and include official BIOPAC lessons and instructor-designed BSL PRO extensions that do not repeat the basic ECG/EMG/EEG laboratories of BMED3311. A term project integrates literature review, experimental design, acquisition, reproducible computation, validation, reporting and individual verification. Fizyolojik basınç ve akış ölçümü; solunum mekaniği, hava akımı, spirometri ve pulmoner fonksiyon enstrümantasyonu; fotopletismografi, nabız oksimetresi ve vasküler zamanlama; optik, termal, akustik, elektrokimyasal ve giyilebilir sensörler; yer değiştirme, kuvvet, basınç, ivmeölçer ve MEMS ilkeleri; kalibrasyon, dinamik yanıt, belirsizlik, örnekleme, senkronizasyon, sinyal ortalama, olay algılama, sinyal kalite indisleri, düşük SNR ölçümü ve çoklu sensör füzyonu; kablosuz/mobil sağlık, implant sistemleri, güvenlik, mevzuat, veri mahremiyeti ve sorumlu yapay zekâ. On iki ileri BIOPAC laboratuvarı 1. haftada başlar; BMED3311'deki temel EKG/EMG/EEG deneylerini tekrarlamayan resmî BIOPAC dersleri ile öğretim elemanı tarafından tasarlanmış BSL PRO uzantılarını içerir. Dönem projesi literatür araştırması, deney tasarımı, veri toplama, tekrarlanabilir hesaplama, doğrulama, raporlama ve bireysel doğrulamayı bütünleştirir.						

COURSE LEARNING OUTCOMES (DERSİN ÖĞRENME ÇIKTILARI)		
No.	**English**	**Türkçe**
1	Explain the operating principles and measurement chains of advanced physiological pressure, flow, respiratory, optical, thermal, acoustic, and chemical sensing systems. [1.1, 1.2]	İleri fizyolojik basınç, akış, solunum, optik, termal, akustik ve kimyasal algılama sistemlerinin çalışma ilkelerini ve ölçüm zincirlerini açıklar. [1.1, 1.2]
2	Define and analyze biomedical measurement problems and select suitable sensors, transducers, acquisition settings, and architectures under realistic clinical, safety, and performance constraints. [2.1, 3.2]	Biyomedikal ölçüm problemlerini tanımlar ve analiz eder; gerçekçi klinik, güvenlik ve performans kısıtları altında uygun sensör, dönüştürücü, veri toplama ayarı ve mimariyi seçer. [2.1, 3.2]
3	Design and validate calibration, signal-conditioning, synchronization, and multimodal acquisition configurations using BIOPAC/BSL PRO and appropriate computational tools. [3.1, 3.2, 4.1]	BIOPAC/BSL PRO ve uygun hesaplama araçlarıyla kalibrasyon, sinyal koşullandırma, senkronizasyon ve çoklu veri toplama yapılandırmalarını tasarlar ve doğrular. [3.1, 3.2, 4.1]
4	Design safe and repeatable physiological experiments; acquire, process, analyze, and interpret measurement data using appropriate research methods. [5.2, 5.3]	Güvenli ve tekrarlanabilir fizyolojik deneyler tasarlar; uygun araştırma yöntemleriyle veri toplar, işler, analiz eder ve yorumlar. [5.2, 5.3]
5	Quantify uncertainty, artifacts, dynamic response, event-detection performance, and signal quality; evaluate the limitations and generalizability of measurement results. [4.1, 5.3]	Belirsizlik, artefakt, dinamik yanıt, olay algılama başarımı ve sinyal kalitesini nicelendirir; ölçüm sonuçlarının sınırlılıklarını ve genellenebilirliğini değerlendirir. [4.1, 5.3]
6	Apply patient/operator safety, ethical conduct, regulation, data privacy, inclusiveness, and effective intra-disciplinary teamwork to biomedical instrumentation practice. [6.1, 6.2, 7.1, 7.2, 8.1]	Biyomedikal enstrümantasyon uygulamalarında hasta/kullanıcı güvenliği, etik davranış, mevzuat, veri mahremiyeti, kapsayıcılık ve disiplin içi takım çalışmasını uygular. [6.1, 6.2, 7.1, 7.2, 8.1]
7	Develop and defend a term project integrating literature review, a creative measurement-system solution, project planning, experimental validation, reproducible analysis, written/oral communication, and adaptation to emerging technologies. [2.2, 3.1, 5.1, 5.2, 5.3, 8.1, 9.1, 9.2, 10.1, 10.2, 11.1]	Literatür araştırması, yaratıcı ölçüm sistemi çözümü, proje planlama, deneysel doğrulama, tekrarlanabilir analiz, yazılı/sözlü iletişim ve gelişen teknolojilere uyumu bütünleştiren bir dönem projesi geliştirir ve savunur. [2.2, 3.1, 5.1, 5.2, 5.3, 8.1, 9.1, 9.2, 10.1, 10.2, 11.1]
[Note: Numbers in brackets are the related program outcome PO numbers]		

ISCED Category of Course (Dersin ISCED Kategorisi)	0714 - Electronics and automation 0714 - Elektronik ve otomasyon
Textbook (Ders Kitabı)	Andrew G. Webb, Principles of Biomedical Instrumentation, Cambridge University Press, 2018.
Other References (Yardımcı Kaynaklar)	BIOPAC Student Lab 4 Laboratory Manual and BSL PRO documentation; John G. Webster and Amit J. Nimunkar (eds.), Medical Instrumentation: Application and Design, 5th ed.; selected peer-reviewed papers; MIT OCW 20.309 Biological Engineering II: Instrumentation and Measurement and 2.996 Biomedical Devices Design Laboratory (benchmark resources).

COURSE PLAN
(DERS PLANI)

Week Hafta	Theory Topics Teorik Konular	BIOPAC Laboratory / Project Studio BIOPAC Laboratuvarı / Proje Stüdyosu
1	Advanced measurement-system architecture; calibration, uncertainty, static/dynamic characteristics. İleri ölçüm sistemi mimarisi; kalibrasyon, belirsizlik, statik/dinamik karakteristikler.	Lab 1 - Custom BSL PRO Sensor Calibration and Dynamic Response: temperature and respiratory/PPG channels; offset, gain, repeatability, step response and time constant. Özel BSL PRO sensör kalibrasyonu ve dinamik yanıt: sıcaklık ve solunum/PPG kanalları; ofset, kazanç, tekrarlanabilirlik, basamak yanıtı ve zaman sabiti.
2	Optical sensors, PPG, pulse oximetry, light-tissue interaction and signal conditioning. Thermal, electrochemical and optical biosensors; glucose monitoring, sensor kinetics, drift and interference. Optik sensörler, PPG, nabız oksimetresi, ışık-doku etkileşimi ve sinyal koşullandırma. Termal, elektrokimyasal ve optik biyosensörler; glukoz izleme, sensör kinetiği, sürüklenme ve girişim.	Lab 2 - Custom BSL PRO PPG Artifact Engineering: contact pressure, ambient light and controlled motion; filtering, peak detection and signal-quality index. Özel BSL PRO PPG artefakt mühendisliği: temas basıncı, ortam ışığı ve kontrollü hareket; filtreleme, tepe algılama ve sinyal kalite indisi.
3	Pressure, flow and vascular measurements; pulse-wave timing, compliance and measurement limitations. Basınç, akış ve vasküler ölçümler; nabız dalgası zamanlaması, kompliyans ve ölçüm sınırlılıkları.	Lab 3 - Custom BSL PRO ECG-PPG Pulse Transit Study: synchronized acquisition, pulse-arrival delay, feature extraction and repeatability under posture change. Özel BSL PRO EKG-PPG nabız geçiş çalışması: eşzamanlı kayıt, nabız varış gecikmesi, özellik çıkarımı ve postür değişiminde tekrarlanabilirlik.
4	Respiratory mechanics, effort and airflow transducers; flow-volume relations and sensor phase lag. Solunum mekaniği, efor ve hava akımı dönüştürücüleri; akış-hacim ilişkileri ve sensör faz gecikmesi.	Lab 4 - Custom BSL PRO Respiratory Effort-Airflow Coupling: synchronized belt and airflow acquisition; phase, rate, inspiratory/expiratory timing and calibration. Özel BSL PRO solunum eforu-hava akımı bağlaşımı: kemer ve hava akımının eşzamanlı kaydı; faz, hız, inspirasyon/ekspirasyon süresi ve kalibrasyon.
5	Spirometry, pulmonary function, FEV/FVC/MVV, repeatability and clinical interpretation limits. Spirometri, pulmoner fonksiyon, FEV/FVC/MVV, tekrarlanabilirlik ve klinik yorum sınırları.	Lab 5 - BIOPAC L13 Pulmonary Function II: FEV, FVC and MVV with calibration, repeated trials, quality criteria and variability analysis. BIOPAC L13 Pulmoner Fonksiyon II: kalibrasyon, tekrarlı denemeler, kalite ölçütleri ve değişkenlik analiziyle FEV, FVC ve MVV.
6	Human-response instrumentation, event timing, latency, synchronization and experimental bias. İnsan tepki enstrümantasyonu, olay zamanlama, gecikme, senkronizasyon ve deneysel yanlılık.	Lab 6 - BIOPAC L11/H16 Reaction Time: auditory and visual protocols, instrument latency, learning effect, randomization and statistical comparison. BIOPAC L11/H16 Tepki Süresi: işitsel ve görsel protokoller, cihaz gecikmesi, öğrenme etkisi, rastgeleleştirme ve istatistiksel karşılaştırma.
7	Midterm examination; advanced project problem formulation and measurement architecture. Arasınav; ileri proje probleminin tanımlanması ve ölçüm mimarisi.	Project Studio 1 - proposal, literature map, protocol, ethics/safety, SDG relevance, risk register, acquisition and validation plan. Proje önerisi, literatür haritası, protokol, etik/güvenlik, SKA ilişkisi, risk kaydı, veri toplama ve doğrulama planı.
8	Respiratory instrumentation: effort, airflow, lung volumes and flow-rate measurements. Solunum enstrümantasyonu: solunum eforu, hava akımı, akciğer hacimleri ve akış hızı.	Lab 7 - BIOPAC L08/L12: respiratory cycle and pulmonary volume/capacity measurements. Solunum döngüsü ve pulmoner hacim/kapasite ölçümleri.

Week Hafta	Theory Topics Teorik Konular	BIOPAC Laboratory / Project Studio BIOPAC Laboratuvarı / Proje Stüdyosu
9	Autonomic monitoring, heart-rate variability, cardiorespiratory coupling and frequency-domain interpretation. Otonom izleme, kalp hızı değişkenliği, kardiyorespiratuvar bağlaşım ve frekans alanı yorumu.	Lab 8 - BIOPAC H32 HRV with Paced Breathing: synchronized ECG-respiration, RR cleaning, time/frequency-domain HRV and respiratory coupling. BIOPAC H32 kontrollü solunumla HRV: eşzamanlı EKG-solunum, RR temizleme, zaman/frekans alanı HRV ve solunum bağlaşımı.
10	Low-SNR measurements, event detection, ensemble averaging, sensitivity/specificity and algorithm validation. Düşük SNR ölçümleri, olay algılama, topluluk ortalaması, duyarlılık/özgüllük ve algoritma doğrulama.	Lab 9 - BIOPAC H23/H26 Signal-Averaged ECG and R-Wave Detector: averaging gain, threshold design, false detections and reference annotation. BIOPAC H23/H26 sinyal ortalamalı EKG ve R-dalgası algılayıcı: ortalama kazancı, eşik tasarımı, yanlış algılamalar ve referans işaretleme.
11	Blood-pressure measurement, Korotkoff sounds, phonocardiographyand cardiovascular safety. Kan basıncı ölçümü, Korotkoff sesleri, fonokardiyografi ve kardiyovaskülergüvenlik.	Lab 10 - BIOPAC L16/L17: systemic blood pressure, Korotkoff sounds and heart sounds/cardiac events. Sistemik kan basıncı, Korotkoff seslerive kalp sesleri/kardiyak olaylar.
12	Wearable/mobile instrumentation, exercise physiology, wireless acquisition and physiological safety. Giyilebilir/mobil enstrümantasyon, egzersiz fizyolojisi, kablosuz veri toplama ve fizyolojik güvenlik.	Lab 11 - BIOPAC L15 Aerobic Exercise Physiology: submaximal exercise with ECG/PPG/respiration; recovery kinetics, multimodal synchronization and artifact control. BIOPAC L15 aerobik egzersiz fizyolojisi: submaksimal egzersizde EKG/PPG/solunum; toparlanma kinetiği, çoklu senkronizasyon ve artefakt kontrolü.
13	Sensor fusion, wearable-reference validation, body-area networks, implantables and data transmission through the body. Sensör füzyonu, giyilebilir-referans doğrulaması, vücut alan ağları, implantlar ve vücut üzerinden veri iletimi.	Lab 12 - Custom BSL PRO Multimodal Fusion and Wearable Validation: ECG-PPG-respiration synchronization, feature fusion, agreement analysis and motion-artifact rejection; project integration. Özel BSL PRO çoklu sensör füzyonu ve giyilebilir doğrulaması: EKG-PPG-solunum senkronizasyonu, özellik füzyonu, uyum analizi ve hareket artefaktı giderme; proje bütünleştirme.
14	Medical-device regulation, electrical safety, cybersecurity, data privacy, responsible AI and course synthesis. Tıbbi cihaz mevzuatı, elektriksel güvenlik, siber güvenlik, veri mahremiyeti, sorumlu YZ ve dersin bütünleştirilmesi.	Project Studio 2 - final demonstration, technical report, reproducible code/data package, 10-minute presentation, individual oral defence and short project-specific written verification. Final gösterimi, teknik rapor, tekrarlanabilir kod/veri paketi, 10 dakikalık sunum, bireysel sözlü savunma ve projeye özgü kısa yazılı doğrulama.

ERM PROJECT AND RESPONSIBLE AI USE (DÖNEM PROJESİ VE SORUMLU YAPAY ZEKA KULLANIMI)	
Term Project (Dönem Projesi)	Teams of two define an advanced biomedical measurement problem. The project must use at least two synchronized physiological modalities or combine a student-designed sensor with BIOPAC as the reference system. Deliverables are proposal, literature review, protocol, safety/ethics and risk statement, data acquisition, reproducible analysis code, uncertainty/validation study, final technical report, demonstration, 10-minute presentation, and individual oral/written verification. Official BIOPAC lessons may be extended or new BSL PRO experiments may be created, provided the protocol is approved before data collection. İkişer kişilik takımlar ileri bir biyomedikal ölçüm problemi tanımlar. Proje en az iki eşzamanlı fizyolojik modalite kullanmalı veya öğrenci tasarımı bir sensörü referans sistem olarak BIOPAC ile birleştirmelidir. Teslimler: öneri, literatür araştırması, protokol, güvenlik/etik ve risk beyanı, veri toplama, tekrarlanabilir analiz kodu, belirsizlik/doğrulama çalışması, final teknik raporu, gösterim, 10 dakikalık sunum ve bireysel sözlü/yazılı doğrulamadır. Resmî BIOPAC deneyleri genişletilebilir veya veri toplamadan önce protokol onaylanmak koşuluyla yeni BSL PRO deneyleri oluşturulabilir.
Responsible AI Use (Sorumlu YZ Kullanımı)	AI tools may be used for code scaffolding, debugging suggestions, literature-query planning, protocol-language review, and formatting support. They may not fabricate data, replace sensor calibration or experimental design, conceal uncertainty, write unverified results/discussion, or answer the individual defence. An AI Assistance Log, source verification, and human validation of all generated content are required. YZ araçları kod iskeleti, hata ayıklama önerileri, literatür sorgu planlama, protokol dili gözden geçirme ve biçim desteği amacıyla kullanılabilir. Veri üretemez, sensör kalibrasyonu veya deney tasarımının yerini alamaz, belirsizliği gizleyemez, doğrulanmamış sonuç/tartışma yazamaz veya bireysel savunmayı yanıtlayamaz. YZ Yardım Kaydı, kaynak doğrulaması ve üretilen tüm içeriğin insan tarafından doğrulanması zorunludur.

COURSE ASSESSMENT
(DERSİN DEĞERLENDİRME SİSTEMİ)

Activities / Etkinlikler	Quantity / Adet	Contribution (%) / Katkı (%)
Laboratory portfolio: 12 advanced BIOPAC/BSL PRO laboratories / Laboratuvar portfolyosu: 12 ileri BIOPAC/BSL PRO deneyi, deneyler kapsamında gruplara kısa sınav uygulaması	2	20
Midterm examination / Arasınav	1	20
Term project: proposal, report/code, validation, demo, written/oral verification / Dönem projesi	1	20
Final examination / Final sınavı	1	40
Total / Toplam		100

ECTS WORKLOAD TABLE
(AKTS İŞ YÜKÜ TABLOSU)

Course Activities Ders Etkinlikleri	Quantity Sayı	Time (h) Süre (saat)	Workload (h) İş Yükü (saat)
Lectures / Ders Süresi	14	2	28
Advanced laboratory and project-studio contact hours / İleri laboratuvar ve proje stüdyosu	14	2	28
Laboratory preparation, analysis and reports / Laboratuvar hazırlığı, analiz ve raporlar	12	1	12

Weekly study and problem preparation / Haftalık çalışma ve problem hazırlığı	14	1.5	21
Quiz, Preperation included/ Kısa sınavlar hazırlık dahil	2	2	4
Midterm examination, preparation included / Arasınav, hazırlık dahil	1	13	13
Final examination, preparation included / Final sınavı, hazırlık dahil	1	20	20
Term project / Dönem projesi	1	17	17
Project presentation and defence / Proje sunumu ve savunması	1	5	5
Total Workload (h) / Toplam İş Yükü (saat)			**148**
ECTS Credits (Total Workload / 25) / AKTS Kredisi (Toplam İş Yükü / 25)			**5.92 / 6**

Revision Date / Revizyon Tarihi	**Prepared by / Hazırlayan**	**Approved by / Onaylayan**
18/07/2026	Dr. R. Murat Demirer	Prof. Dr. Ahmet Aksen