



جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی گسترش و برنامه ریزی آموزش عالی



برنامه درسی رشته

شیمی تجزیه

ANALYTICAL CHEMISTRY

مقطع دکترا



بر اساس مصوبه جلسه شماره.... تاریخ شورای گسترش و برنامه ریزی آموزش عالی



جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
شورای عالی گسترش و برنامه ریزی آموزش عالی

برنامه درسی رشته

شیمی تجزیه

ANALYTICAL CHEMISTRY

مقطع دکتری تخصصی

پیشنهادی دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان

تهیه کنندگان (به ترتیب حروف الفبا):

عضو هیات علمی دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه

عضو هیات علمی دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه

عضو هیات علمی دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه

عضو هیات علمی دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه

دکتر حبیب اله کاظمی

دکتر حمید عبدالهی

دکتر الهام طهماسبی

دکتر فهیمه ورمقانی

فصل اول

مشخصات کلی برنامه درسی

دوره دکتری تخصصی بالاترین سطح آموزش دانشگاهی در مقطع تحصیلات تکمیلی است که دانشجویان این دوره علاوه بر آشنایی با مسائل و چالش‌های ملی با چالش‌های بین‌المللی نیز درگیر شده و در عین حال که به تحصیل دروس نظری و انجام پژوهش‌های خود در سطح عالی و مرزهای دانش پرداخته و با کسب تخصص و تجربیات لازم بدنبال بومی‌سازی راه حل‌ها هستند که به کمک آن می‌توان به توسعه پایدار چه در سطح ملی و چه در سطح بین‌المللی دست یافت. شیمی تجزیه علاوه بر پرداختن به موضوعات بنیادی روز دنیا و ارائه راه حل‌های نوین به مسائل و چالش‌های موجود در زمینه شیمی تجزیه به مطالعات کاربردی نیز می‌پردازد. در این میان مباحثی همچون ارائه روش‌های کارآمد و نوین در تجزیه نمونه‌های زیست محیطی و دارویی، کاربرد روش‌های نوین الکتروشیمی در زمینه‌های سنتز ترکیبات و ساخت سیستم‌های ذخیره انرژی و کاربرد نانوفناوری و سایر زمینه‌های مرتبط حائز اهمیت است.

ب) مشخصات کلی، تعریف و اهداف

برای تربیت نیروهای متخصص در شیمی تجزیه، گذراندن دروس تئوری (الزامی و اختیاری)، ارائه سمینار و همچنین انجام رساله دکتری با هدف تقویت پایه‌ی علمی و کسب مهارت‌های لازم در این زمینه الزامی است.

پ) ضرورت و اهمیت

تربیت گنجینه‌های انسانی متخصص در مقطع دکتری تخصصی با پایه علمی قوی و توانمندی در انجام پژوهش‌های بنیادی و کاربردی بین‌رشته‌ای از ضرورت‌های مورد نیاز صنایع مختلف، پژوهشگاه‌ها و موسسات علمی/آموزشی/پژوهشی و فناوری کشور است. رسیدن به یک توسعه پایدار و رفع مشکلات ملی-بین‌المللی نیازمند تربیت نیروهای متخصص و تامین منابع انسانی برای پیشرفت کشور در سطوح مختلف است.

جدول (۱) - توزیع واحدها (شیمی تجزیه)

تعداد واحد	نوع دروس
۴	دروس تخصصی الزامی
۱۰	دروس تخصصی اختیاری
۲۲	رساله
۳۶	جمع

ث) مهارت، توانمندی و شایستگی دانش آموختگان

مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های بویژه	دروس مرتبط
کسب دانش و مهارت در زمینه حل مسائل مرتبط با شیمی تجزیه (مباحث الکتروشیمی تجزیه ای، روش های جداسازی، روش های تجزیه ای در زمینه طیف سنجی اتمی و مولکولی، مباحث آماری و محاسباتی در شیمی تجزیه، روش های آنالیز دستگاهی مختلف در شیمی تجزیه و)	با گذراندن دروس نظری مربوط به دوره این مهارت ها کسب خواهد شد.
کسب مهارت در زمینه نحوه ارائه سمینار و یک گزارش علمی	درس سمینار
کسب دانش، مهارت و تجربه در زمینه روش های تجزیه ای مختلفی که در انجام پروژه تحقیقاتی دانشجوی با آنها سر و کار داشته است. کسب مهارت حل مسائل موجود در زمینه شیمی تجزیه و ارائه راه حل مناسب عملی	واحد رساله
مهارت تدریس و آموزش درس های گرایش	دروس نظری و سمینار
مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های عمومی	دروس مرتبط

ج) شرایط و ضوابط ورود به دوره

متقاضیان این مقطع، دانش آموختگان کارشناسی ارشد در یکی از رشته‌های علوم پایه یا فنی و مهندسی هستند که اسامی آنها از طریق آزمون متمرکز دکتری تخصصی توسط سازمان سنجش به دانشگاه (به شکل چند برابر ظرفیت) معرفی شده و اسامی پذیرفته شدگان نهایی پس از انجام مصاحبه علمی از طریق سازمان سنجش اعلام می‌گردد. ورود به دوره دکترای تخصصی شیمی تجزیه همچنین از طریق آیین‌نامه پذیرش استعدادهای درخشان (انجام مصاحبه علمی از داوطلب برای ورود به مقطع دکتری بدون نیاز به شرکت در آزمون کتبی سازمان سنجش) امکان پذیر است.

فصل دوم

جدول عناوین و مشخصات دروس

جدول (۳) - عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی الزامی شیمی گرایش شیمی تجزیه

پیش نیاز / هم نیاز	تعداد ساعات		نوع واحد			تعداد واحد	عنوان درس	ردیف
	عملی	نظری	نظری - عملی	عملی	نظری			
ندارد		۳۲			*	۲	تحلیل آماری نتایج	۱
ندارد		۳۲			*	۲	الکتروشیمی تجزیه ای پیشرفته	۲

پيش نياز / هم نياز	تعداد ساعات		نوع واحد			تعداد واحد	عنوان درس	رديف
	نظري	عملي	نظري - عملي	عملي	نظري			
ندارد	۳۲				*	۲	روش هاي نوين در شيمي تجزيه دستگاهي	۱
ندارد	۳۲				*	۲	مباحث نوين در شيمي تجزيه دکتري	۲
ندارد	۳۲				*	۲	موضوعات ويژه در شيمي تجزيه دکتري	۳
ندارد	۳۲				*	۲	الکتروشيمي در حلال هاي غير آبي	۴
ندارد	۳۲				*	۲	سمينار	۵

فصل سوم

ویژگی‌های دروس

عنوان درس به فارسی:		تحلیل آماری نتایج	
عنوان درس به انگلیسی:		Statistics Analysis of Results	
دروس پیش نیاز:		-	
دروس هم نیاز:			
تعداد واحد:	۲		
تعداد ساعت:	۳۲		
نوع درس و واحد			
<input type="checkbox"/> نظری <input type="checkbox"/> عملی	<input type="checkbox"/> پایه <input checked="" type="checkbox"/> تخصصی الزامی		
<input type="checkbox"/> نظری-عملی <input type="checkbox"/> رساله / پایان نامه	<input type="checkbox"/> اختیاری <input type="checkbox"/>		

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی آزمایشگاه سمینار کارگاه موارد دیگر:

هدف کلی:

اهداف ویژه: آشنایی با روش های تحلیل آماری نتایج در شیمی تجزیه

پ) مباحث یا سرفصل ها:

- خطاها در شیمی تجزیه
- آمار اندازه گیری های تکراری
- آزمون های معنی دار بودن نتایج
- کیفیت اندازه گیری های تجزیه ای
- روش های کالیبراسیون در اندازه گیری های دستگاهی
- روش های غیر پارامتریک
- طراحی آزمایش
- آنالیز چندمتغیره

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال درصد

آزمون پایان نیم سال درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهاد

1. J. N. Miller, J.C. Miller, Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry, sixth edition, Prentice Hall, 2010.
2. B.G.M. Vandeginste, D.L. Massart, L.M.C. Buydens, S. De Jong, P.J. Lewi, J. Smeyers-Verbeke, Handbook of Chemometrics and Qualimetrics: Part B Volume 20, Part II, Pages 1-713 (1998).
3. S. Brown, R. Tauler, B. Walczak, Comprehensive Chemometrics Chemical and Biochemical Data Analysis 2nd Edition - May 26, 2020.

عنوان درس به فارسی:		الکتروشیمی تجزیه‌ای پیشرفته	
عنوان درس به انگلیسی:		Advanced Analytical Electrochemistry	
دروس پیش نیاز:		-	
دروس هم‌نیاز:			
تعداد واحد:	۲		
تعداد ساعت:	۳۲		
نوع درس و واحد			
نظری	<input checked="" type="checkbox"/>	پایه	<input type="checkbox"/>
عملی	<input type="checkbox"/>	تخصصی	<input checked="" type="checkbox"/>
نظری-عملی	<input type="checkbox"/>	اختیاری	<input type="checkbox"/>
		رساله / پایان نامه	<input type="checkbox"/>

اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی آزمایشگاه سمینار کارگاه موارد دیگر:

هدف کلی:

اهداف ویژه: آشنایی با الکتروشیمی تجزیه‌ای

پ) مباحث یا سرفصل‌ها:

- مروری بر مباحث بنیادی الکتروشیمی تجزیه‌ای
- نظریه‌های فصل مشترک و لایه دوگانه الکتروشیمیایی
- روش‌های الکتروشیمیایی پیشرفته و مکانیسم‌شناسی الکتروشیمیایی
- طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمیایی شامل مقدمات، مدارات الکتریکی و مدل‌سازی، تفسیر نتایج و کاربردها
- روش میکروسکوپ روبشی الکتروشیمیایی، مقدمات و کاربردها
- الکترودهای اصلاح شده با تک‌لایه‌های و کاربردها

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال درصد

آزمون پایان نیم‌سال درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. A. J. Bard, L.R. Faulker, Electrochemical Methods, Wiley, New York, 3rd Edition, 2022.
2. Southampton Electrochemistry Group, Instrumental Methods in Electrochemistry, Ellis Horwood, 2002.
3. Encyclopedia of Electrochemistry, Allen J Bard and Martin Stratmann, 2001 (11 Volumes).
4. Electrochemical Impedance Spectroscopy, Mark E. Orazem, 2008 and 2017 editions.

عنوان درس به فارسی:		روش های نوین در شیمی تجزیه دستگاهی	
عنوان درس به انگلیسی:		New methods in instrumental analytical chemistry	
نوع درس و واحد			
پایه <input type="checkbox"/> نظری <input checked="" type="checkbox"/>		-	
تخصصی <input type="checkbox"/> عملی <input type="checkbox"/>			
اختیاری <input checked="" type="checkbox"/> نظری-عملی <input type="checkbox"/>		۲	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>		۳۲	تعداد ساعت:

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی آزمایشگاه سمینار کارگاه موارد دیگر:

هدف کلی:

اهداف ویژه: آشنایی با روش های دستگاهی جدید در شیمی تجزیه

(پ) مباحث یا سرفصل ها:

معرفی روش های دستگاهی مختلف در آنالیز ترکیبات در شیمی تجزیه از قبیل انواع روش های کروماتوگرافی (گازی، مایع، کروماتوگرافی یونی و ..)، الکتروفورز، طیف سنجی جرمی و سیستم های پیوندی...

(ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

(ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال درصد

آزمون پایان نیم سال درصد

(ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

(چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. D. A. Skoog, F. J. Holler, S. R. Crouch, Principles of Instrumental Analysis, Thomson Higher Education, 7th Edition, 2017.
2. Veronika, R. Meyer, Practical High-Performance Liquid Chromatography, John Wiley & Sons, Ltd, 5th Edition, 2010.
3. L.R. Snyder, J.J. Kirkland, J. W. Dolan, Introduction to Modern Liquid Chromatography, 3rd Edition, 2009.
4. P. J. Baugh, gas chromatography a practical approach, oxford university press, 1997.

عنوان درس به فارسی:		مباحث نوین در شیمی تجزیه دکتری	
عنوان درس به انگلیسی:		Modern topics in Analytical chemistry	
نوع درس و واحد			
نظری <input checked="" type="checkbox"/> پایه <input type="checkbox"/>			دروس پیش نیاز:
عملی <input type="checkbox"/> تخصصی <input type="checkbox"/>			دروس هم نیاز:
نظری عملی <input type="checkbox"/> اختیاری <input checked="" type="checkbox"/>		۲	تعداد واحد:
رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>		۳۲	تعداد ساعت:

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی آزمایشگاه سمینار کارگاه موارد دیگر:

هدف کلی:

اهداف ویژه: آشنایی با مباحث مربوط به شیمی محاسباتی و کمومتریکس

پ) مباحث یا سرفصل ها:

1- An Introduction to Model-Free Chemical Analysis

Model-based vs. model-free analysis - Singular Value Decomposition- Heuristic Evolving Latent Projection (HELP)- Solution of a soft-modeling method- Rotational ambiguity- Intensity ambiguity- Normalization - Rank Deficiency-Augmentation-Projections- Comparison of projections with targets (Target Testing)- Target Factor Analysis (TFA)- Iterative Target Transformation Factor Analysis (ITTFA)- Resolving Factor Analysis (RFA)

2- Self-Modeling Curve Resolution and Constraints

Factorization- Bilinearity- Non-negativity Constraint- Microscopic structure of the data Concentration and Spectral bands- Schematic presentation of microstructure of the data Closure Constraint- Convex Linear Combination and Closure- Microscopic structure of a closed system

3- Hard-modeling

Model Based Chemical Analyses- Uncertainty in Hard, Soft and Hard-Soft Modeling Analysis of Three-way Data from Equilibrium and Kinetic Investigations- Difficult” problems Chemical Data Fitting as a Powerful Chemometric Method

4- Neural Networks

PART I: BASIC CONCEPTS

Defining the Area- Neuron- Linking Neurons into Networks

PART II: ONE-LAYER-NETWORKS- Hopfield Network- Adaptive Bidirectional Associative Memory (ABAM)

Kohonen Network

PART III: MULTI-LAYER NETWORKS

Counter-Propagation- Back-Propagation of Errors

PARTIV: APPLICATIONS

General Comments on Chemical Applications - Clustering of Multicomponent Analytical Data of Olive Oils- The Reactivity of Chemical Bonds and the Classification of Chemical Reactions HPLC Optimization of Wine Analysis- Quantitative Structure-Activity Relationships The Electrophilic Aromatic Substitution Reaction- Modelling and Optimization of a Recipe for a Paint- Fault Detection and Process Control- Secondary Structure of Proteins- Infrared Spectrum-Structure Correlations- Properties of Molecular Surfaces- Libraries of Chemical Compounds -Representation of Chemical Structure

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال درصد

آزمون پایان نیم سال درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. S. Brown, R. Tauler, B. Walczak, Comprehensive Chemometrics Chemical and Biochemical Data Analysis 2nd Edition - May 26, 2020.
2. M. Maeder, Yorck-Michael Neuhold, Practical Data Analysis in Chemistry, 1st Edition - July 6, 2007.
3. J. Zupan, J. Gasteiger, Neural Networks in Chemistry and Drug Design: An Introduction, 2nd Edition.

عنوان درس به فارسی:		موضوعات ویژه در شیمی تجزیه دکتری	
عنوان درس به انگلیسی:		Specific topics in Analytical chemistry	
دروس پیش نیاز:	-	نظری <input checked="" type="checkbox"/>	پایه <input type="checkbox"/>
دروس هم نیاز:	-	عملی <input type="checkbox"/>	تخصصی <input type="checkbox"/>
تعداد واحد:	۲	نظری-عملی <input type="checkbox"/>	اختیاری <input checked="" type="checkbox"/>
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان نامه <input type="checkbox"/>	

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی آزمایشگاه سمینار کارگاه موارد دیگر:

هدف کلی:

اهداف ویژه: آشنایی با مباحث مربوط به الکتروشیمی سیستم های ذخیره انرژی (باتری و ابرخازن)، سنتزهای الکتروشیمیایی و روش های نوین جداسازی

پ) مباحث یا سرفصل ها:

- استفاده از الکتروشیمی در سیستم های ذخیره انرژی
- حسگرهای الکتروشیمیایی
- سنتزهای الکتروشیمیایی
- الکتروشیمی آلی
- استفاده از حلال های ناآبی در روشهای الکتروشیمیایی
- طراحی سل های الکتروشیمیایی
- معرفی روش های مختلف نوین در آنالیز مقادیر ناچیز ترکیبات، روش های میکرواستخراج با حلال و میکرواستخراج فاز جامد، استخراج و اندازه گیری آنالیت ها از نمونه های جامد، کاربرد نانومواد در جداسازی و

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال درصد

آزمون پایان نیم سال درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. M. A. Scibioh, B. Viswanathan, Materials for Supercapacitor Applications. Elsevier, 2020.
2. T. Fuchigami, M. Atobe, S. Inagi, Fundamentals and applications of organic electrochemistry: synthesis, materials, devices. John Wiley & Sons, 2014.
3. M. Khalid, N. Arshid, N. Grace, Advances in Supercapacitor and Supercapattery: Innovations in Energy Storage Devices. Elsevier, 2020.
4. N. J. Ronkainen, H.B. Halsall, W.R. Heineman, Electrochemical biosensors. Chemical Society Reviews, 39(5), 1747-1763, 2010.

عنوان درس به فارسی:		الکتروشیمی در حلال های غیر آبی	
عنوان درس به انگلیسی:		Electrochemistry in nonaqueous solutions	
دروس پیش نیاز:	-	نظری <input checked="" type="checkbox"/>	پایه <input type="checkbox"/>
دروس هم نیاز:	-	عملی <input type="checkbox"/>	تخصصی <input type="checkbox"/>
تعداد واحد:	۲	نظری-عملی <input type="checkbox"/>	اختیاری <input type="checkbox"/>
تعداد ساعت:	۳۲	رساله / پایان نامه <input checked="" type="checkbox"/>	

نوع آموزش تکمیلی عملی (در صورت نیاز): سفر علمی آزمایشگاه سمینار کارگاه موارد دیگر:

هدف کلی:

اهداف ویژه: آشنایی با الکتروشیمی تجزیه ای

ب) مباحث یا سرفصل ها:

خصوصیات حلال و طبقه بندی حلال ها
حلالپوشی و تشکیل کمپلکس یون ها و رفتار الکترولیت ها
واکنش های اسید-باز در حلال های ناآبی
واکنش های انتقال الکترون در حلال های ناآبی
پتانسیومتری در محلول های ناآبی
هدایت سنجی در محلول های ناآبی
ولتامتری در محلول های ناآبی
خالص سازی حلال و بررسی خلوص حلال
انتخاب الکترولیت حامل برای حلال های ناآبی
سایر روش های الکتروشیمیایی در محلول های ناآبی

ت) راهبردهای تدریس و یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

ث) راهبردهای ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت های کلاسی در طول نیم سال درصد

آزمون پایان نیم سال درصد

ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

چ) فهرست منابع پیشنهادی:

1. K. Izutsu, Electrochemistry in nonaqueous solutions. John Wiley & Sons, 2009.
2. T. Fuchigami, M. Atobe, S. Inagi, Fundamentals and applications of organic electrochemistry: synthesis, materials, devices. John Wiley & Sons, 2014.
3. A. Covington, Physical chemistry of organic solvent systems., Springer Science & Business Media, 2012.