

برنامه‌ی درسی دوره‌ی کارشناسی ارشد پیوسته‌ی فیزیک

محمد خرمی، احمد شریعتی

زمستان ۱۳۸۰

فهرست

۴	0 مقدمه
۵	0.1
۱۰	1 درس‌های ریاضی و کامپیوتر
۱۱	1.1 جبر خطی I
۱۲	1.2 حسابان I
۱۳	1.3 حسابان II
۱۴	1.4 حسابان III
۱۵	1.5 حسابان IV
۱۶	1.6 حسابان V
۱۷	1.7 توابع مختلط I
۱۸	1.8 آمار و احتمال I
۱۹	1.9 معادله‌های دیفرانسیل عادی I
۲۰	1.10 معادله‌های دیفرانسیل عادی II
۲۱	1.11 توزیع‌ها I
۲۲	1.12 معادله‌های دیفرانسیل پاره‌ای I
۲۳	1.13 نظریه‌ی گروه‌ها I
۲۴	1.14 برنامه‌نویسی
۲۵	1.15 محاسبه‌ی عددی I
۲۶	1.16 محاسبه‌ی عددی II
۲۷	2 درس‌های فیزیک
۲۸	2.1 مکانیک I
۲۹	2.2 مکانیک II
۳۰	2.3 مکانیک III
۳۱	2.4 مکانیک IV
۳۲	2.5 مکانیک V
۳۳	2.6 مکانیک VI
۳۴	2.7 الکترومغناطیس I
۳۵	2.8 الکترومغناطیس II
۳۶	2.9 الکترومغناطیس III

۳۷	۲۰۱۰ الکترومغناطیس IV
۳۸	۲۰۱۱ الکترومغناطیس V
۳۹	۲۰۱۲ ترمودینامیک I
۴۰	۲۰۱۳ ترمودینامیک II
۴۱	۲۰۱۴ نسبیت
۴۲	۲۰۱۵ مکانیک کوانتمی I
۴۳	۲۰۱۶ مکانیک کوانتمی II
۴۴	۲۰۱۷ مکانیک کوانتمی III
۴۵	۲۰۱۸ مکانیک کوانتمی IV
۴۶	۲۰۱۹ مکانیک کوانتمی V
۴۷	۲۰۲۰ مکانیک آماری I
۴۸	۲۰۲۱ مکانیک آماری II
۴۹	۲۰۲۲ الکترونیک I
۵۰	۲۰۲۳ الکترونیک II
۵۱	۲۰۲۴ فیزیک ماده‌ی چگال
۵۲	۲۰۲۵ اپتیک
۵۳	۲۰۲۶ فیزیک هسته‌ای
۵۴	۲۰۲۷ اخترفیزیک
۵۵	۲۰۲۸ لیزر
۵۶	۲۰۲۹ شیمی I
۵۷	۲۰۳۰ شیمی II
۵۸	3 آزمایش‌گاه‌ها
۵۹	3۰۱ آزمایش‌گاه I
۶۰	3۰۲ آزمایش‌گاه II
۶۱	3۰۳ آزمایش‌گاه III
۶۲	3۰۴ آزمایش‌گاه IV
۶۳	3۰۵ آزمایش‌گاه V
۶۴	3۰۶ آزمایش‌گاه VI
۶۵	3۰۷ آزمایش‌گاه VII
۶۶	3۰۸ آزمایش‌گاه VIII
۶۷	3۰۹ آزمایش‌گاه IX
۶۸	3۰۱۰ آزمایش‌گاه X
۶۹	3۰۱۱ آزمایش‌گاه XI
۷۰	3۰۱۲ آزمایش‌گاه XII
۷۱	3۰۱۳ آزمایش‌گاه XIII
۷۲	3۰۱۴ آزمایش‌گاه XIV
۷۳	3۰۱۵ آزمایش‌گاه XV
۷۴	3 کارگاه عمومی
۷۵	3 کارگاه الکترونیک
۷۶	3 کارگاه عکاسی

فصل 0

مقدمه

0.1

1. این برنامه برای یک دروهی کارشناسی ارشد پیوسته‌ی فیزیک است. منظور از پیوسته بودن این دوره این است که فرض بر این است که دانش‌جو پس از دیپلم متوسطه وارد این دوره می‌شود، و پس از گذراندن این دوره می‌تواند وارد یک دوره‌ی دکترای فیزیک بشود.
2. اصولی که برای تدوین این برنامه پذیرفته ایم این‌ها است.

الف- جدایی کامل درس‌های ریاضی از درس‌های فیزیک، به این معنی که هر درس فیزیک باید وقت‌ی ارائه شود که دانش‌جوها پیش‌تر ابزار ریاضی لازم را دیده باشند.

ب- جلوگیری از تکرار، به این معنی که هر مبحث (چه فیزیک چه ریاضی) فقط یک بار اتما به طور کامل تدریس می‌شود.

3. این برنامه بر اساس نظام ثلثی طرح شده. هر ثلث 11 هفته درس است. یک واحد یعنی یک ساعت درس در هفته. هر ساعت درس 50 دقیقه است (10 دقیقه از هر ساعت رسمی به عنوان تنفس باید در اختیار دانش‌جو باشد). پیش‌نهاد می‌شود که درس‌ها به صورت زیر ارائه شود

الف- درس‌های 1 واحدی: 1 جلسه‌ی $10 + 50 = 60$ دقیقه‌ای در هفته.

ب- درس‌های 2 واحدی: 1 جلسه‌ی $20 + 100 = 120$ دقیقه‌ای در هفته.

پ- درس‌های 3 واحدی: 2 جلسه‌ی $15 + 75 = 90$ دقیقه‌ای در هفته.

ت- درس‌های 4 واحدی: 3 جلسه‌ی $20 + 70 = 90$ دقیقه‌ای در هفته.

ث- آزمایش‌گاه‌ها (که همه‌گی 2-واحدی اند): 1 جلسه‌ی 240 دقیقه‌ای در هفته.

4. این برنامه شامل 268 واحد اجباری، و 20 واحد اختیاری است، که قرار است در 5 سال (15 ثلث) کامل شود.

الف- واحدهای اجباری

i. 64 واحد ریاضی و کامپیوتر

ii. 114 واحد درس نظری فیزیک

iii. 36 واحد آزمایش‌گاه و کارگاه

iv. 24 واحد زبان

v. 30 درس‌های عمومی (به‌جز زبان)

ب- علاوه بر 268 واحد بالا، دانش‌جو باید دست‌کم 20 واحد درس بگذراند. انتخاب این درس‌ها کاملاً اختیاری است. این درس‌ها می‌توانند هر چیزی باشند، از جمله درس‌های علمی، علوم انسانی، ورزش، یا هنر.

5. نیروی انسانی لازم برای اجرای این برنامه.

این برنامه با برنامه‌ی متداول کارشناسی-کارشناسی ارشد متفاوت است. از مدرّس‌های این برنامه انتظار می‌رود برای درس‌شان متن آماده کنند؛ چون در بسیاری از موارد کتاب درسی آماده (چاپ شده) برای سرفصل‌های ارائه شده نیست. بنا بر این انتظار می‌رود هر مدرّس در هر ثلث فقط یک درس از این برنامه بدهد و در برنامه‌های درسی دیگر نیز شرکت نکند. تعداد درس‌های اجباری فیزیک و ریاضی (نظری و تجربی) 64 تا است. اگر قرار باشد این برنامه به طور مستمر ادامه داشته باشد،

باید هر سال این 64 درس ارائه شود، که یعنی در هر ثلث باید به طور متوسط 21 درس ارائه شود. به این ترتیب اجرای این برنامه به حدود 20 نفر مدرس فیزیک و ریاضی خاص این برنامه احتیاج دارد. به جز این برنامه‌ی آموزش زبان، درس‌های عمومی، و درس‌های اختیاری نیازمند نیروی انسانی اضافی است.

برنامه‌ی ثلثی. پیش‌نهادی

1. ثلث 1 (ثلث اول سال اول) 18 واحد

الف - جبر خطی I

ب - حسابان I

پ - کارگاه عمومی

ت - آزمایش‌گاه I

ث - زبان I، 2 واحد

ج - فارسی I، 3 واحد.

چ - ورزش I، 1 واحد.

2. ثلث 2 (ثلث دوم سال اول) 20 واحد

الف - حسابان II

ب - برنامه‌نویسی

پ - نظریه‌ی گروه‌ها I

ت - آزمایش‌گاه II

ث - زبان II، 2 واحد

ج - فارسی II، 3 واحد.

چ - ورزش II، 1 واحد.

3. ثلث 3 (ثلث سوم سال اول) 20 واحد

الف - حسابان III

ب - توابع مختلط I

پ - مکانیک I

ت - آزمایش‌گاه III

ث - زبان III، 2 واحد

ج - معارف اسلامی I، 3 واحد.

چ - ورزش III، 1 واحد.

4. ثلث 4 (ثلث اول سال دوم) 20 واحد

الف - معادلات دیفرانسیل I

- ب- توزیع‌ها I
 پ- مکانیک II
 ت- محاسبه‌ی عددی I
 ث- آزمایش‌گاه IV
 ج- زبان IV، 2 واحد
5. ثلث 5 (ثلث دوم سال دوم) 19 واحد
 الف- معادلات دیفرانسیل II
 ب- حسابان IV
 پ- مکانیک III
 ت- آزمایش‌گاه V
 ث- زبان V، 2 واحد
 ج- معارف اسلامی II، 3 واحد
6. ثلث 6 (ثلث سوم سال دوم) 20 واحد
 الف- حسابان V
 ب- معادلات دیفرانسیل پاره‌ای I
 پ- مکانیک IV
 ت- ترمودینامیک I
 ث- آزمایش‌گاه VI
 ج- زبان VI، 2 واحد
7. ثلث 7 (ثلث اول سال سوم) 20 واحد
 الف- آمار و احتمال I
 ب- محاسبه‌ی عددی II
 پ- مکانیک V
 ت- ترمودینامیک II
 ث- آزمایش‌گاه VII
 ج- زبان VII، 2 واحد
8. ثلث 8 (ثلث دوم سال سوم) 19 واحد
 الف- مکانیک کوانتومی I
 ب- الکترومغناطیس I
 پ- مکانیک VI
 ت- آزمایش‌گاه VIII

ث - زبان VIII، 2 واحد

ج - عربی I، 3 واحد

9. ثلث 9 (ثلث سوم سال سوم) 19 واحد

الف - مکانیک کوانتومی II

ب - الکترومغناطیس II

پ - نسبیت

ت - آزمایش گاه IX

ث - زبان IX، 2 واحد

ج - عربی II، 3 واحد

10. ثلث 10 (ثلث اول سال چهارم) 19 واحد

الف - مکانیک کوانتومی III

ب - الکترومغناطیس III

پ - مکانیک آماری I

ت - آزمایش گاه X

ث - زبان X، 2 واحد

ج - تاریخ اسلام، 3 واحد

11. ثلث 11 (ثلث دوم سال چهارم) 19 واحد

الف - مکانیک کوانتومی IV

ب - الکترومغناطیس IV

پ - مکانیک آماری II

ت - آزمایش گاه XI

ث - زبان XI، 2 واحد

ج - ریشه های انقلاب اسلامی، 3 واحد

12. ثلث 12 (ثلث سوم سال چهارم) 20 واحد

الف - مکانیک کوانتومی V

ب - الکترومغناطیس V

پ - فیزیک ماده چگال

ت - الکترونیک I

ث - آزمایش گاه XII

ج - زبان XII، 2 واحد

13. ثلث 13 (ثلث اول سال پنجم) 14 واحد به علاوه واحد های اختیاری

الف - الکترونیک II

ب - اپتیک

پ - شیمی I

ت - آزمایشگاه XIII (آزمایشگاه شیمی)

14. ثلث 14 (ثلث دوم سال پنجم) 12 واحد به علاوه واحد های اختیاری

الف - شیمی II

ب - لیزر

پ - اخترفیزیک

ت - آزمایشگاه XIV (نجوم)

ث - کارگاه الکترونیک

15. ثلث 15 (ثلث سوم سال پنجم) 9 واحد به علاوه واحد های اختیاری

الف - فیزیک هسته ای

ب - تاریخ علم، 3 واحد

پ - آزمایشگاه XV (لیزر)

ت - کارگاه عکاسی

فصل 1

درس‌های ریاضی و کامپیوتر

1.1 جبر خطی I

4 واحد، پیش‌نیاز:

1 سرفصل‌ها

1. میدان: میدان اعداد حقیقی، و میدان اعداد مختلط.
2. فضای برداری، پایه، بعد.
3. تبدیل خطی و ماتریس، هسته، تبدیل و تصویر، تبدیل، رتبه‌ی تبدیل، فضای دوگان
4. وارون تبدیل و وارون ماتریس، حل معادله‌های خطی (روش حذفی، گاوس، روش یاکوبی، ...)
5. حاصل ضرب تانسوری و تبدیل‌های چندخطی، تبدیل‌های چندخطی پادمتقارن، حجم و دترمینان (خواص حجم و دترمینان)، وارون ماتریس بر حسب دترمینان (دستور کرامر).
6. ویژه‌بردار و ویژه‌مقدار، معادله‌ی مشخصه‌ی ماتریس و معادله‌ی کمین ماتریس، ویژه‌بردارهای چپ و راست ماتریس.
7. تجزیه‌ی ماتریس به ماتریس شبه‌ساده و ماتریس پوچ‌توان، شکل قطری و شکل ژردان ماتریس.
8. حاصل ضرب داخلی، فضاهای اقلیدسی و یکانی، قضیه‌ی کُشی-شوارتس، مزدوج هرمیتی، تبدیل، تبدیل‌های هرمیتی و یکانی، کامل بودن طیف این تبدیل‌ها و تعامد پایه‌ها.
9. تبدیل‌های متقارن و متعامد.
10. تابع‌های ماتریسی.

1.2 حسابان I

4 واحد، پیش‌نیاز:

1 سرفصل‌ها

1. مجموعه‌ها، رابطه‌ها، تابع‌ها؛ رابطه‌های هم‌ارزی و رده‌های هم‌ارزی، رابطه‌های ترتیب.
2. عددهای حقیقی و خواص آن‌ها، تابع قدرمطلق، بازه‌ها، نامساوی‌ها (نامساوی کُشی-شوارتس).
3. انتگرال و مساحت، تابع‌های انتگرال‌پذیر، حجم.
4. حد و پیوسته‌گی تابع‌های حقیقی یک‌متغیره: پیوسته‌گی یک‌نواخت، حد بی‌نهایت و حد در بی‌نهایت.
5. قضیه‌های حد و پیوسته‌گی.
6. مشتق و مشتق‌پذیری: قضیه‌های مشتق، نقطه‌های فرینه.
7. مشتق دوم و تععر تابع.
8. قضیه‌های اساسی حسابان: ارتباط انتگرال با تابع اولیه.
9. تابع‌های ساده: تابع لگاریتم و تابع نمایی، تابع‌های هذلولوی و مثلثاتی و وارون‌های آن‌ها.
10. روش‌های انتگرال‌گیری: جانشانی، جزءبه‌جزء، تجزیه به کسرهای ساده، انتگرال‌های مثلثاتی، و ...
11. قضیه‌های مقدار میانگین و مقدار میانی.
12. دیفرانسیل تابع‌های یک‌متغیره.
13. کاربردهای مشتق و انتگرال: سرعت‌ها، کار، کمینه و بیشینه تابع، ...

1.3 حسابان II

4 واحد، پیش‌نیاز: 1.2

1 سرفصل‌ها

1. عددهای مختلط: خواص عددهای مختلط، تابع‌های مختلط از عددهای حقیقی، تابع‌های مثلثاتی و نمایی، نمایش دکارتی و قطبی عددهای مختلط.
2. دنباله‌ها و سری‌ها: هم‌گرایی، قضیه‌ها.
3. سری‌های توانی، بسط تیلر، قضیه‌ها.
4. روش اختلال برای حل معادله‌ها.
5. انتگرال‌های ناسره.
6. هندسه‌ی تحلیلی: مختصات قطبی، استوانه‌ای، و کروی؛ ضرب داخلی و ضرب خارجی بردارها؛ هندسه‌ی دیفرانسیل خم‌ها در صفحه و فضا (تابع‌های بردار از عددهای حقیقی، خم‌های خم‌های مسطح، کنج فرنه)، طول قوس، مقطع‌های مخروطی، خانواده‌ی چرخ‌زادها، هندسه‌ی دیفرانسیل رویه‌ها (مماس و قائم بر رویه)، مساحت رویه، رویه‌های درجه‌ی ۲، قضیه‌های پاپوس.

1.4 حسابان III

4 واحد، پیش‌نیاز: 1.3 و 1.1

1 سرفصل‌ها

1. تابع‌های حقیقی چندمتغیره.
2. حد و پیوسته‌گی تابع‌های حقیقی چندمتغیره، قضیه‌های حد و پیوسته‌گی.
3. مشتق‌پذیری تابع‌های چندمتغیره: مشتق تابع‌های چندمتغیره و قضیه‌های آن.
4. دیفرانسیل تابع‌های چندمتغیره.
5. تابع ضمنی، مشتق تابع ضمنی، تابع وارون و مشتق تابع وارون، رتبه‌ی تابع و صورت قضیه‌ی رتبه.
6. فریبه‌ی تابع، فریبه‌ی تابع با قید (ضریب‌های لاگرانژ).
7. کمینه و بیشینه‌ی تابع، مشتق دوم.
8. بسط تیلر چندمتغیره.
9. انتگرال‌های چندمتغیره: تغییر متغیر و قضیه‌های دیگر.
10. آنالیز برداری: انتگرال‌های روی خم و سطح، گرادیان، کُرل و دیورژانس، قضیه‌ی گرین، قضیه‌ی گاوس، و قضیه‌ی سُنکس.

1.5 حسابان IV

4 واحد، پیش‌نیاز: 1.4

1 سرفصل‌ها

1. هندسه‌ی دیفرانسیل رویه‌های 2-بعدی در \mathbb{R}^3 .

الف- فرم‌های بنیادی، اول و دوم و قضیه‌ها.

ب- هندسه‌ی ذاتی و عارضی رویه‌های 2-بعدی در \mathbb{R}^3 .

2. خمینه‌ی n -بعدی در \mathbb{R}^m .

3. خمینه

الف- بردارهای مماس، هم‌مماس، تغییر پایه، مشتق سویی، میدان برداری.

ب- معادله‌ی دیفرانسیل و شارش میدان برداری، پیش‌ران و پس‌آر، مشتق لی.

پ- فرم‌های دیفرانسیل، مشتق برون‌ی، انتگرال‌گیری از فرم‌های دیفرانسیل، فرمول ستوکس.

1.6 حسابان V

4 واحد، پیش‌نیاز: 1.5

1 سرفصل‌ها

1. انتقال موازی، ژئودزیک، پیچش، خمش.
2. طول، هم‌ستار، لوی چپویتا، ژئودزیک، هندسه‌ی ریمانی
3. حجم، حجم‌ناوردا، عمل‌گر ستاره (*).
4. ضرب داخلی فرم‌ها، مزدوج هرمنیتی، مشتق برون‌ی، گرادیان، کول، دیورژانس، لاپلاسی.

1.7 توابع مختلط I

4 واحد، پیش‌نیاز: 1.4

1 سرفصل‌ها

1. تابع تحلیلی، انتگرال‌گیری و قضیه‌ی کشی-گورسا، بی‌نهایت‌بار مشتق‌پذیری. تابع‌های تحلیلی و فرمول انتگرال کشی، تبدیل‌های هم‌مدیس، بی‌کران‌بودن. تابع‌های تحلیلی غیر ثابت، قضیه‌ی اساسی جبر.
2. تابع‌های خاص: تابع‌های توانی، تابع‌های خطی‌کسری، تابع نمایی و تابع لگاریتمی، تابع‌های هذلولوی و مثلثاتی و وارون‌های آن‌ها.
3. سری تیلر، سری لوران
4. تکنه‌گی‌های تابع تحلیلی (برداشتنی، قطب، تکنه‌گی اساسی، تکنه‌گی شاخه‌ای)، تکنه‌گی شاخه‌ای و رویه‌های ریمانی. تابع‌ها، ادامه‌ی تحلیلی.
5. انتگرال‌گیری به کمک تکنه‌گی‌ها.
6. نگاشت هم‌مدیس و حل معادله‌ی لاپلاس به کمک آن، تبدیل شوارتس-کریستفل.
7. سری فوریه، تبدیل فوریه و وارون آن‌ها، تبدیل لاپلاس، تحلیلی بودن تبدیل لاپلاس، وارون تبدیل لاپلاس.

1.8 آمار و احتمال I

4 واحد، پیش‌نیاز: 1.4

1 سرفصل‌ها

1. اندازه و احتمال: روی داده‌ها، اجتماع و اشتراک روی داده‌ها، روی داده‌های ناپسته.
2. متغیرهای تصادفی، گسسته و پیوسته، توزیع و چگالی احتمال.
3. مقدار چشم‌داشتی، پراش و انحراف معیار.
4. دو یا چند متغیر تصادفی: توزیع احتمال مشترک، توزیع شرطی، متغیرهای ناپسته، هم‌پراش و ضریب هم‌بستگی.
5. توزیع‌های مهم: توزیع گاوسی، توزیع دو جمله‌ای، توزیع پواسون، توزیع هندسی، توزیع فوق هندسی، ...
6. سنجش احتمال و نمونه‌برداری.
7. مقدمه ای بر تئوری اطلاعات: آنتروپی، بیشینه کردن آنتروپی.

1.9 معادله‌های دیفرانسیل عادی I

4 واحد، پیش‌نیاز: 1.4

1 سرفصل‌ها

1. انگیزش برای معادلات دیفرانسیل.
2. مسئله‌ی شرط اولیه و شرط مرزی.
3. معادلات دیفرانسیل مرتبه‌ی اول:
 - الف- کاربردها: تغییرات، خانواده‌ی خم‌ها، خم‌های عمود بر خانواده‌ی خم‌ها، پوش و ...
 - ب- معادله‌های جدایی‌پذیر و معادله‌های قابل تبدیل به آن‌ها، معادله‌های هم‌گن.
 - پ- معادله‌های به شکل دیفرانسیل کامل، ضریب انتگرال‌کننده.
 - ت- معادله‌های خطی هم‌گن و ناهم‌گن، تابع گرین (برای شرط اولیه و ورودی).
 - ث- معادله‌های خاص: کِلِرو، ریکاتی، و ...
 - ج- معادله‌ی به شکل $y - xy' = f(y')$ و تبدیل لُژاندر.
 - چ- دستگاه معادله‌های دیفرانسیل مرتبه‌ی یک: قضیه‌ی وجود و یک‌تایی.
 - ح- ارتباط معادله‌های از مرتبه‌ی بیش از یک با دستگاه معادله‌های مرتبه‌ی یک.
 - خ- دستگاه معادله‌های خطی مرتبه‌ی یک با ضریب‌های ثابت: هم‌گن و ناهم‌گن؛ تابع گرین.
 - د- تبدیل لاپلاس و مسئله‌ی شرط اولیه.
4. معادله‌های از مرتبه‌ی دو و بیش‌تر (با تأکید بر مرتبه‌ی دو).
 - الف- معادله‌های به شکل $y'' = f(y)$.
 - ب- معادله‌های خطی با ضریب‌های ثابت، معادله‌ی کُشی.
 - پ- معادله‌های خطی: جواب‌های خاص، کاهش مرتبه با استفاده از وردش پارامترها، پایه برای جواب‌ها، وُرنسکی و جواب‌های مستقل، معادله‌ی دیفرانسیل برای ورنسکی، تابع گرین.

10.1 معادله‌های دیفرانسیل عادی II

4 واحد، پیش‌نیاز: 1.9 و 1.7

1 سرفصل‌ها

1. بسط جواب معادله‌های دیفرانسیل به شکل سری تیلور و سری فریبِنوس: نقطه‌های عادی، نقطه‌های تکین، تکیه‌گی‌های منظم و نامنظم.
2. معادله‌های خاص: معادله‌ی فوق‌هندسی و فوق‌هندسی روان، معادله‌ی لژاندر، معادله‌ی هرمیت، معادله‌ی چیشف، معادله‌ی لاگر، معادله‌ی بسل و بسل کروی، و ...
3. معادله‌ی اشتروم-لیووی، تعامد، بسط بر حسب ویژه‌توابع.
4. سیستم‌های دینامیکی، نقطه‌های ثابت، پای‌داری و ناپای‌داری، تابع لیاپنف، معادله‌های کاهنده‌ی تابع لیاپنف.
5. حل‌پذیری معادله‌های دیفرانسیل: تقارن و استفاده از آن برای کاهش مرتبه‌ی معادله.
6. معادله‌های تفاضلی و بازگشتی: معادله‌های بازگشتی خطی و تبدیل z .

1.11 توزیع‌ها I

4 واحد، پیش‌نیاز: 1.7 و 1.4

1 سرفصل‌ها

1. تابع‌های آزمون و توزیع‌ها.
2. عملیات با توزیع‌ها: تغییر متغیر، عملیات خطی، مشتق‌گیری و انتگرال‌گیری، ...
3. توزیع مهم: پله، دلتای دیرک و مشتق‌های آن، شبه‌تابع‌ها.
4. جواب ضعیف معادله‌های دیفرانسیل.
5. تبدیل فوری‌ی‌ی توزیع‌ها.

1.12 معادله‌های دیفرانسیل پاره‌ای I

4 واحد، پیش‌نیاز: 1.10 و 1.7

1 سرفصل‌ها

1. معادله‌های خطی مرتبه‌ی یک، رویه‌های مشخصه.
2. معادله‌های خطی مرتبه‌ی دو و طبقه‌بندی آنها.
3. معادله‌ی لاپلاس در بعدهای مختلف: وجود و یگانه‌گی جواب، شرط‌های مرزی دیریشله و نویمان و مخلوط، تابع گرین، روش تصویر.
4. معادله‌ی پخش در بعدهای مختلف: شرط مرزی و شرط اولیه، تابع گرین، معادله‌ی شرودینگر.
5. معادله‌ی موج در بعدهای مختلف: شرط مرزی و شرط اولیه، تابع گرین.
6. مقدمه‌ای بر معادله‌های غیرخطی: معادله‌ی بورگرز، معادله‌ی KdV، ...

1.13 نظریه‌ی گروه‌ها I

4 واحد، پیش‌نیاز: 1.1 و 1.4

1 سرفصل‌ها

1. تعریف گروه.
2. زیرگروه، زیرگروه به‌هنگار، گروه خارج قسمت، ضرب مستقیم گروه‌ها.
3. رده‌های هم‌بوغی.
4. هم‌ریختی، یک‌ریختی، خودریختی.
5. گروه $GL(V)$.
6. نمایش گروه‌ها، لم‌های شور.
7. نمایش‌های گروه‌های متناهی: یکانیت، تابع‌های ماتریسی و مشخصه‌های گروه، نمایش منظم، کامل بودن تابع‌های ماتریسی و مشخصه‌های گروه.
8. گروه‌های متناهی مهم: گروه دوری، گروه جای‌گشت‌ها، گروه‌های نقطه‌ای، گروه‌های فضایی.
9. مقدمه‌ای بر گروه‌های لی و جبرهای لی.

14 . 1 برنامه‌نویسی

4 واحد، پیش‌نیاز:

1 سرفصل‌ها

1. الگوریتم و روندنما
2. ساختار داده‌ها، حجم داده‌ها
3. حساب در مبنای 2
4. نوع متغیر (صحیح، حقیقی، حروف، ...)
5. ورودی و خروجی
6. انتقال کنترل GoTo
7. شرط
8. تکرار
9. تابع‌های کتابخانه‌ای
10. آرایه
11. ورود و خروج فایل
12. زیربرنامه

1.15 محاسبه‌ی عددی I

4 واحد، پیش‌نیاز:

1 سرفصل‌ها

1. خطا و گرد کردن
2. درون‌یابی: با چندجمله‌ای‌ها، با عمل‌گرهای تفاضل محدود، مشتق‌گیری
3. حل معادله‌های غیرخطی: روش نیوتن-رافسن، تکرار؛ تقاطع وتر با محور افقی
4. حل معادله‌های چندجمله‌ای - روش بیرستو
5. حل معادله‌های خطی: وارون ماتریس، تبدیل به ماتریس مثلثی، روش گاوس، روش گاوس-سیدل
6. ویژه‌مقدارها و ویژه‌بردارهای ماتریس‌ها
7. روش‌های فرینه کردن
8. تقریب: با چندجمله‌ای‌ها، برازش داده‌ها، چندجمله‌ای‌های متعامد (مثلاً مثلثاتی)، تبدیل فوریه سریع
9. مشتق‌گیری عددی
10. انتگرال‌گیری عددی: روش گاوس، روش سیمسن، روش ذوزنقه، روش $3/8$ سیمسن، روش رامبرگ، انتگرال‌گیری تطبیقی
11. حل عددی معادله‌های دیفرانسیل: روش اویلر، روش رونگه-کوتا، روش‌های پیش‌بینی-تصحیح (آدامز-مولتن)

1.16 محاسبه‌ی عددی II

4 واحد، پیش‌نیاز: 1.15

1 سرفصل‌ها

1. روش‌های حل عددی معادله‌های دیفرانسیل پاره‌ای (لاپلاس، پواسن، موج، پخش، شردینگر)

2. روش‌های مونت کارلو

فصل 2

درس‌های فیزیک

2.1 مکانیک I

4 واحد، پیش‌نیاز: 1.3

1 سرفصل‌ها

1. سنجش: مفهوم فیزیکی، سنجش و کمیت‌های فیزیکی، دقت سنجش و رقم‌های معنی‌دار، محاسبه‌ی خطا.
2. تحلیل ابعادی: کنترل درستی معادله‌ها، نوشتن معادله‌ها با تحلیل ابعادی.
3. سینماتیک یک‌بعدی: حرکت یک‌نواخت، حرکت با شتاب ثابت، حرکت با شتاب متغیر، روش اختلاف برای حل معادله‌ها (مثال سقوط در هوا).
4. سینماتیک چندبعدی: حرکت یک‌نواخت، حرکت با شتاب ثابت (مسیر سهمی)، حرکت دایره‌ای (شتاب‌های مماسی و مرکزگرا)، دایره‌های موضعی و کنج فرنه، حرکت پرتابه در هوا.
5. دینامیک ذرات: چارچوب‌های لخت، قانون‌های نیوتن، تقارن گالیله.
6. نیروهای معروف: گرانش، کشسانی، اصطکاک.
7. نیروهای قیدی: عکس‌العمل سطح، ریسمان با کشسانی زیاد، قرقه.
8. کار و انرژی: قضیه‌ی کار و انرژی جنبشی، نیروهای پایستار و انرژی پتانسیل، پایسته‌گی انرژی مکانیکی، تحلیل کیفی حرکت با استفاده از نمودار انرژی.

2.2 مکانیک II

4 واحد، پیش‌نیاز: 2.1

1 سرفصل‌ها

1. تکانه‌ی خطی: دستگاه ذرات، تکانه‌ی خطی دستگاه ذرات، نیروهای درونی و پایسته‌گی تکانه‌ی خطی، مرکز جرم، معادله‌ی حرکت مرکز جرم، مسئله‌ی دو جسم و جرم کاسه، دستگاه‌هایی که جرم متغیر دارند (موشک)، تجزیه‌ی انرژی به انرژی جنبشی مرکز جرم و انرژی جنبشی در چارچوب مرکز جرم، برخورد کش‌سان و ناکش‌سان، مقطع برخورد (کل، ديفرانسیلی، چارچوب‌های مختلف).
2. دوران حول یک محور: تکانه‌ی زاویه‌ای، گشت‌آور، تکانه‌ی زاویه‌ای دستگاه‌ی از ذرات، نیروهای درونی و پایسته‌گی تکانه‌ی زاویه‌ای، غلتش، اصطکاک غلتشی، تجزیه‌ی تکانه‌ی زاویه‌ای به تکانه‌ی زاویه‌ای مرکز جرم و تکانه‌ی زاویه‌ای در چارچوب مرکز جرم.
3. نوسان‌های کوچک: تعادل پایدار و ناپایدار، نوسان‌های کوچک، میرایی، نوسان واداشته و تشدید.

2.3 مکانیک III

4 واحد، پیش‌نیاز: 2.2، 1.9

1 سرفصل‌ها

1. فرمول‌بندی نیوتنی: تبدیل گالیله، گروه گالیله، تقارن‌های فضا-زمان، ثابت‌های حرکت، چارچوب‌های نالخت دکارتی، زمین و پدیده‌های مربوط به چرخش زمین.
2. فرمول‌بندی لاگرانژی: فضای پیکربندی، به دست آوردن لاگرانژی از قانون‌های نیوتن، به دست آوردن لاگرانژی از وردش، قید و سیستم‌های مقید (انواع قید) ثابت‌های حرکت و تقارن (قضیه‌ی نوتر).
3. فرمول‌بندی همیلتنی: فضای فاز، تبدیل‌های کاننیک و 2-فرم کاننیک، گروه‌های پواسن، مؤلدهای تبدیل کاننیک و ساختار جبری آن‌ها (تابع و میدان برداری نظیر آن)، تقارن و ثابت‌های حرکت، متغیرهای چرخه‌ای و فرمول‌بندی روت.
4. مسئله‌های حل‌پذیر: فرمول‌بندی کنش-زاویه و چنبره‌های ناورد، فرمول‌بندی همیلتن-یاکی

2.4 مکانیک IV

4 واحد، پیش‌نیاز: 2.3

1 سرفصل‌ها

1. مسئله‌ی نیروی مرکزی: مدارهای دایره‌ای، مدارهای تقریباً دایره‌ای، قضیه‌ی برتران، مسئله‌ی کپلر، مسئله‌ی نوسان‌گر هم‌آهنگ هم‌سان‌گرد، ثابت‌حرکت‌های اضافی.
2. مسئله‌ی پراکنده‌گی: مقطع برخورد، تقریب انرژی‌های زیاد.
3. نوسان‌های کوچک: وجه‌ها و بسامدهای طبیعی، تقارن‌ها، اختلال، نوسان‌های غیرخطی، بازبهنجارش و منظم‌سازی، تشدید پارامتری.
4. حرکت جسم صلب: معادله‌ی اوپلر، گروه دوران، لختی دروانی و محورهای اصلی، تقارن‌های یک جسم صلب، لاگرانژی و همیلتنی (فضای پیکربندی و فضای فاز)، جسم صلب آزاد - توصیف کیفی پوانسو،
5. فرقه‌ها فرقه‌ی کروی، فرقه‌ی متقارن، فرقه‌ی کوالوسکایا، فرقه‌ی نامتقارن آزاد
6. اختلال کاننیک، ناوردهای بی‌دررو.

2.5 مکانیک V

4 واحد، پیش‌نیاز: 2.4، 1.12

1 سرفصل‌ها

1. فرمول‌بندی لاگرانژی و همیلتنی در مکانیک محیط‌های پیوسته.
2. جامدها: تنش‌ها، کرنش‌ها، و مدول‌ها.
3. شماره‌ها: فشار، کشش سطحی، چسبندگی، جریان‌شماره، قانون برنوی، گرانروی، پس‌آر شماره، برآر شماره، عدد رینولدز.

2.6 مکانیک VI

4 واحد، پیش‌نیاز: 2.5

1 سرفصل‌ها

1. گرانش نیوتنی، معادله‌ی پواسن و چندقطبی‌ها.
2. موج: آشفته‌گی در محیط‌های پیوسته، انتشار آشفته‌گی و سرعت موج، موج‌های اسکالر و برداری، موج سینوسی (دامنه، طول موج)، محیط‌های خطی و برهم‌نهی، پاشنده‌گی محیط و رابطه‌ی پاشنده‌گی، بازتابش و شکست موج، پدیده‌ی دُپلر.
3. محیط‌های ناهم‌گن: تقریب شمایی و معادله‌ی همیلتن-یاکوبی، موج غیرخطی، تک‌موج و سُلیتون، معادله‌ی کُرتویخ-دِوَریس.

2.7 الکترومغناطیس I

4 واحد، پیش‌نیاز:

1 سرفصل‌ها

1. قانون کولن: نیرو و بار الکتریکی، اصل برهم‌نهی، قانون گاوس، پتانسیل، انرژی الکتروستاتیک
2. معادله پواسن: شرایط مرزی، یک‌تابی جواب، به دست آوردن معادله پواسن از روی انرژی.
3. تابع گرین برای شرایط مرزی دیریشله و نویمان، و خواص آنها،
4. دوجانبه‌گی، ظرفیت و خازن
5. میدان الکتریکی در نزدیکی لبه‌ها و نقطه‌های تیز
6. شرایط مرزی مخلوط
7. چندقطبی‌های الکتریکی
8. میدان الکتریکی در ماده: قطبیده‌گی، پذیرفتاری الکتریکی، چگالی شار الکتریکی، معادله پتانسیل الکتریکی در ماده
9. انرژی الکتروستاتیک و نیرو
10. جریان الکتریکی: چگالی جریان، قانون اهم، محیط‌های ناهم‌گن و ناهم‌سان‌گرد

2.8 الکترومغناطیس II

4 واحد، پیش‌نیاز: 2.7

1 سرفصل‌ها

1. تعریف میدان مغناطیسی: نیروی مغناطیسی.
2. تولید میدان مغناطیسی: قانون بیو-ساوار، قانون آمپر، قانون گاوس، القای متقابل، خودالقایی.
3. پتانسیل برداری و ناوردایی پیمانه‌ای.
4. به دست آوردن پتانسیل برداری با جریان - پیمانه‌ی کولن.
5. دوقطبی مغناطیسی: نیرو و گشت‌آور آن.
6. چندقطبی‌ها.
7. میدان مغناطیسی در ماده: تراوایی مغناطیسی، شدت میدان مغناطیسی، پتانسیل برداری، پتانسیل اسکالر - بار مغناطیسی.
8. تقسیم‌بندی مواد مغناطیسی: پارامغناطیس، فرومغناطیس، دیامغناطیس.

2.9 الکترومغناطیس III

4 واحد، پیش‌نیاز: 2.8

1 سرفصل‌ها

1. قانون فارادی: انرژی میدان مغناطیسی، نیرو.
2. دوگانی الکتریکی-مغناطیسی: مدارهای مغناطیسی.
3. اصلاح قانون آمپر: جریان جابه‌جایی و قانون آمپر-مکسول.
4. معادلات مکسول، پتانسیل اسکالر و پتانسیل برداری و تبدیل پیمانه‌ای،
5. قضیه پوینتینگ، تانسور انرژی-تکانه: چگالی انرژی، شار انرژی و چگالی شار انرژی، شار تکانه و چگالی شار تکانه، شار تکانه‌ای زاویه‌ای و چگالی شار تکانه‌ای زاویه‌ای، تانسور تنش، معادله ورود و خروج انرژی از ماده
6. میدان‌های هم‌آهنگ و خاصیت‌های مقاومتی، خازنی، و القاگری ماده
7. موج الکترومغناطیسی در خلاء: موج تخت الکترومغناطیسی، قطبش موج تخت الکترومغناطیسی، موج ناتک‌فام و قطبش جزئی،
8. موج الکترومغناطیسی در ماده، بازتابش و شکست، توصیف ضریب دی‌الکتریک، سرعت فاز، سرعت گروه، پاشنده‌گی، پاشنده‌گی نابهنجار، بسامد پلاسما
9. خواص تحلیلی ضریب دی‌الکتریک در صفحه‌ی مختلط n ، رابطه‌های کرامرز-کرنینگ، انتشار علامت با سرعت کم‌تر از سرعت نور

2.10 الکترومغناطیس IV

4 واحد، پیش‌نیاز: 2.10

1 سرفصل‌ها

1. موج‌بر، موج‌بر دی‌الکتریک، کاواک، تشدید
2. معادله‌ی موج با چشمه، پتانسیل‌های تأخیری، ناحیه‌های نزدیک، میانی، و تابشی، بسط چندقطبی
3. پراکنده‌گی، تقریب طول‌موج‌های بلند، اختلال و تقریب بُرن، قضیه‌ی اپتیکی، پراکنده‌گی ریلی
4. پراش، فرمول‌بندی کیرشهف برای پراش موج اسکالر، پراش موج برداری، تصویر بر پرده، اصل باینه، تقریب طول‌موج‌های کوتاه

2.11 الکترومغناطیس V

4 واحد، پیش‌نیاز: 2.10

1 سرفصل‌ها

1. پلاسما، پوشش و معادله‌ی دی
2. تبدیل لُرنس میدان الکترومغناطیسی
3. میدان ذره‌ی باردار با حرکت یک‌نواخت
4. اسپین ذره، پیش‌روی تماس،
5. حرکت ذره در میدان الکترومغناطیسی،
6. لاگرانژی ذره و میدان، لاگرانژی برای برهم‌کنش ذره‌های باردار در سرعت‌های کم
7. حرکت ذره‌های باردار در ماده، افت انرژی، پراکنش زاویه‌ای، تابش چرنکف، تابش گذار
8. تابش ذره‌ی شتاب‌دار، میدان الکترومغناطیسی تابش، توزیع تابش برحسب زاویه و بسامد، پراکنش تامسن و پراکنش کامپتن، خودنیرو (نیروی آبراهام-لُرنس-دیرک) و کند شدن ذره‌ی شتاب‌دار

2.12 ترمودینامیک I

پیش‌نیاز:

1 سرفصل‌ها

1. تعادل گرمایی: قانون صفرم ترمودینامیک، تعریف دما.
2. کمیت‌های ذاتی و فزون‌ور، مثال، معادله‌ی حالت.
3. معادله‌ی حالت گاز کامل، تعریف دمای مطلق بر اساس گاز کامل.
4. تحوّل بی‌دررو و انرژی، تعریف گرما و قانون اول ترمودینامیک، پایسته‌گی انرژی.
5. ظرفیت‌های گرمایی و تابع‌های پاسخ، مثال از سیستم‌های مختلف.
6. تحوّل‌های ساده.
7. قانون دوم ترمودینامیک: ماشین کارنو، آنتروپی، تعریف دمای مطلق بر اساس ماشین کارنو، یکی بودن این دما با دمای مطلق ی که بر اساس گاز کامل تعریف می‌شود.
8. مثال از سیستم‌های مختلف، گازهای ناکامل و بسط ویریال.
9. قانون سوم و دسترس‌ناپذیری صفر مطلق.
10. کاهش‌ناپذیری آنتروپی، سیستم‌های بسته، تحوّل خودبه‌خود.
11. سیستم‌هایی که با یک چشمه‌ی گرمایی در تماس اند، تحوّل خودبه‌خود و انرژی آزاد.
12. تبدیل لژاندر و پتانسیل‌های ترمودینامیکی: آنتالپی، انرژی آزاد، انرژی آزاد گیبس، رابطه‌های مکسول.
13. انبساط آزاد گاز کامل، انبساط ژول-کلوین، سرمایه‌ش مغناطیسی.

2.13 ترمودینامیک II

4 واحد، پیش‌نیاز: 2.12

1 سرفصل‌ها

1. انتقال گرما: رسانش، همرفت، تابش.
2. تغییر تعداد ذرات سیستم، پتانسیل شیمیایی، فازها و شرط تعادل فازها، انرژی آزاد گیبس و انرژی مفید.
3. پایداری تعادل ترمودینامیکی: گذار فاز (مثال گاز-فان در والس، مخلوط شدن، و مدل ویس برای فرومغناطیس)، ساختار مکسول.
4. مرتبه‌ی گذار فاز، نقطه‌ی بحرانی، نمودارهای فاز، ناحیه‌های هم‌زیستی.
5. ترموشیمی: تعادل شیمیایی و قانون اثر جرم، فعالیت شیمیایی و گرینده‌گی، مخلوط‌ها و فشار بخار، آنتروپی‌ها، پیل‌ها، اُسمُز.
6. ترمودینامیک اصل موضوعی.

2.14 نسبیت

4 واحد، پیش‌نیاز: 2.2 و 2.8

1 سرفصل‌ها

1. مقدمه‌ی تاریخی: فضا و زمان مطلق، ارسطویی، نظام بطلمیوسی، نظام کوپرنیکی، اصل نسبیت گالیله، قانون‌های نیوتن و نسبیت گالیله‌ای، سنجش سرعت نور (روش رُبر).
2. الکترومغناطیس: معادله‌های مکسول، موج الکترومغناطیسی، $c = 1/\sqrt{\epsilon_0\mu_0}$ ، اثر مکسول، آزمایش مایکلسن-مورلی، اثر سانیاک.
3. نسبیت خاص اینشتین: تعمیم اصل نسبیت گالیله‌ای، ثابت بودن سرعت نور، نسبی بودن هم‌زمانی، استخراج تبدیل‌های لورنتس، انقباض طول، اتساع زمان.
4. فضا‌زمان‌های مینکوفسکی: $1+1$ بعدی، $1+2$ بعدی، $1+3$ بعدی.
5. تعریف گروه‌های لورنتس و پوانکاره در بعدهای مختلف.
6. مکانیک نسبیتی ذره‌ها.
7. گروه‌های لورنتس و پوانکاره در بعدهای مختلف: نمایش اسپینوری گروه لورنتس (رابطه با $SL(2, \mathbb{R})$ و $SL(2, \mathbb{C})$)، جبر کلیفورد (ماتریس‌های دیرک)، اسپینورهای 2- و 4- مؤلفه‌ای.
8. هیدرودینامیک نسبیتی.
9. مقدمه‌ای بر نسبیت عام (حرکت روی ژئودزیک، معادله‌ی اینشتین، فضا‌زمان شوارتزشیلد، آزمون‌های کلاسیک نسبیت عام)

2.15 مکانیک کوانتومی I

4 واحد، پیش‌نیاز: 1.1، 1.12، 1.8، 2.4

1 سرفصل‌ها

1. مقدمه‌ی تاریخی: تابش جسم سیاه، پدیده‌ی فوتوالکتریک، پدیده‌ی کامپتن، طول موج دُ بری و پراش الکترون، اتم، اتم بُر، آزمایش فرانک-هرتس، اصل ناپیینی.
2. سنجش: مشاهده‌پذیرها، فضای هیلبرت (ویژه‌بردار و ویژه‌مقدار)، سنجش‌های متوالی، کاهش بردار حالت، عمل‌گرهای سازگار و ناسازگار، مقدار چشم‌داشتی و پراش، قضیه‌ی ناپیینی. تمام این مطالب با مثال آزمایش اشترن-گرلاخ و سنجش فوتون. مثال عملی: رمزنگاری کوانتومی.
3. توصیف آماری: ماتریس چگالی، سنجش و ماتریس چگالی، مقدار چشم‌داشتی، تغییر ماتریس چگالی در اثر سنجش.
4. فضای هیلبرت بی‌نهایت‌بعدی: سنجش مکان ذره. رفتن از شبکه‌ی محدود به پوستاری به طول بی‌نهایت. عمل‌گرهای انتقال و تکانه. تبدیل پیمانه‌ای. ناپیینی مکان-تکانه. بسته‌ی موج با ناپیینی کمینه.
5. عمل‌گر تحوّل و همیلتنی، معادله‌ی شرودینگر، حالت‌های ایستا (برای همیلتنی مستقل از زمان)، کمیت‌های ثابت.
6. روش‌های حل معادله‌ی شرودینگر: همیلتنی مستقل از زمان و ویژه‌بردارهای همیلتنی، همیلتنی وابسته به زمان و نمایی مسیر مرتب. مثال از سیستم اسپین-1/2.
7. تصویر هیزنبرگ: معادله‌ی تحوّل هیزنبرگ، تحوّل مقدار چشم‌داشتی (حالت‌های ایستا و کمیت‌های ثابت).
8. تصویر برهم‌کنش: معادله‌ی تحوّل حالت‌ها و عمل‌گرها.
9. تحوّل ماتریس چگالی و مانسته‌ی معادله‌ی لیووی.

2.16 مکانیک کوانتومی II

4 واحد، پیش‌نیاز: 2.15

1 سرفصل‌ها

1. معادله‌ی شرودینگر و سیستم‌هایی که فقط درجه‌ی آزادی فضایی دارند: معادله‌ی شرودینگر در پایه‌ی مکان، جریان و احتمال، بایسته‌گی، احتمال، انتشارگر، معادله‌ی ارنفست.
2. سیستم‌های یک‌بعدی: ذره‌ی آزاد (ویژه‌حالت‌ها، انتشارگر، بسته‌ی موج)، ذره در جعبه (ویژه‌حالت‌ها، حد کلاسیک، تحوّل مکان ذره)، چاه پتانسیل محدود (ویژه‌حالت‌ها، نشت احتمال)، سدّ پتانسیل (ویژه‌حالت‌ها، پراکندگی یک‌بعدی، تونل زنی). مورد پتانسیل‌های قطعه‌قطعه‌ثابت: حالت‌های مقید و حالت‌های گسترده.
3. قضیه‌ی تبهگنی و ویژه‌حالت‌های مقید همیلتنی.
4. تحلیل کیفی پتانسیل‌های αx^β .
5. نوسان‌گر هم‌آهنگ: تصویر مکان، تصویر انرژی، تصویر تحلیلی، تصویرهای هیزنبرگ و شرودینگر، عمل‌گر تحوّل و انتشارگر.
6. پتانسیل‌های دوره‌ای (پیوسته و گسسته) و نوارهای انرژی.
7. انتگرال مسیر: هم‌ارزی روش انتگرال مسیر با معادله‌ی شرودینگر، انتشارگرهای همیلتنی‌های مجذور، انتشارگر ذره‌ی آزاد و نوسان‌گر هم‌آهنگ.
8. سیستم‌های چندبعدی: فضای هیلبرت، ذره در میدان مغناطیسی خارجی، پدیده‌ی بوهم-آهارانف.
9. سیستم‌های دوبعدی: دوران در صفحه و تکانه‌ی زاویه‌ای، ذره‌ی آزاد، نوسان‌گر هم‌آهنگ هم‌سان‌گرد دوبعدی، ذره در میدان مغناطیسی یکنواخت.

2.17 مکانیک کوانتومی III

4 واحد، پیش‌نیاز: 2.16

1 سرفصل‌ها

1. سیستم‌های سه‌بعدی.
2. دوران سه‌بعدی: گروه دوران، نمایش‌های گروه دوران، اسپین، سیستم‌های اسپینی (یادآوری).
3. سیستم‌های سه‌بعدی کروی متقارن: ذره‌ی آزاد، نوسان‌گر هم‌آهنگ هم‌سان‌گرد سه‌بعدی، اتم هیدروژن.
4. جداسازی متغیرها در مختصات دیگر: مختصات استوانه‌ای، مختصات سهموی.
5. تقارن و تبهگنی همیلتنی: تبهگنی‌های تصادفی و تقارن‌های اضافی، نوسان‌گر هم‌آهنگ هم‌سان‌گرد سه‌بعدی، اتم هیدروژن.
6. حل‌پذیری: گروه‌های دینامیکی تقارن، همیلتنی‌های مجذوری و شکل‌ناوردا، سیستم‌های شبه‌حل‌پذیر، مثال‌ها

2.18 مکانیک کوانتومی IV

4 واحد، پیش‌نیاز: 2.17

1 سرفصل‌ها

1. روش‌های تقریبی: روش وردشی، روش WKB، اختلال مستقل از زمان (تبهگن و ناتبهگن)، اختلال وابسته به زمان، ناوردهای بی‌دررو و فاز پری.
2. مثال‌هایی از روش‌های تقریبی: نوسان‌گر ناهم‌آهنگ، اتم هیدروژن واقعی (اثر نسبی، اثر اسپین-مدار، اثر داروین)، ساختار ریز، برهم‌کنش الکترون با هسته و ساختار فوق‌ریز، پدیده‌های زیمان و اشتراک، جذب و گسیل القایی، گسیل خودبه‌خود، لیزر و میزر.
3. سیستم‌های چند ذره‌ای، ذره‌های یک‌سان، جای‌گشت ذره‌ها، بوزون‌ها و فرمیون‌ها، کوانتس دوم.
4. اتم‌ها: اتم هلیم، اتم‌های چندالکترونی دیگر، جدول دوره‌ای، طیف اتم‌ها و عدد اتمی، حالت‌های طیفی اتم، قاعده‌های هوند، تقریب‌های هارتری و هارتری-فک.
5. مُلکول‌ها: تقریب بُرن-آپنهایمر، پیوندهای شیمیایی، طیف مُلکول‌ها (ارتعاش، چرخش)

2.19 مکانیک کوانتومی V

4 واحد، پیش‌نیاز: 2.18

1 سرفصل‌ها

1. پراکنش: معادله‌ی لیپمان-شوینگر، تقریب بُرن و تقریب‌های بعدی (فرمول‌بندی‌های مستقل از زمان و وابسته به زمان، ماتریس پراکنش)، مقطع برخورد (قضیه‌ی اپتیکی، پراکنش در انرژی‌های کم، پراکنش در انرژی‌های زیاد، پتانسیل‌های کلاسیک)، همیلتنی‌های کروی متقارن و انتقال فاز، قطب‌های ماتریس پراکنش و حالت‌های مقید، تشدیدها، پهنای خط و طول عمر، پراکنش در چارچوب‌های مختلف (آزمایش‌گاه و مرکزجرم)، پراکنش ذره‌های یکسان، پراکنش رادرفورد، پراکنش از اتم‌ها، اثر مُسباور.
2. معادله‌ی کلاین-گوردن: انتشارگر، تعبیر فاینمنی انتشارگر، ذره‌ها بی که انرژی منفی دارند و ضدذره‌ها، مشکل احتمال منفی، جواب نادرست برای طیف اتم هیدروژن، حد غیرنسبیتی، پایسته‌گی تکانه‌ی زاویه‌ای، پراکنش و نمودارهای فاینمن، ضدذره‌ها و تقارن صلیبی.
3. معادله‌ی دیرک: پایسته‌گی تکانه زاویه‌ای و اسپین، تحویل عمل‌گر مکان و ماتریس‌های دیرک، وول الکترون، انتشارگر دیرک، انرژی منفی و توصیف حفره (ضدذره)، حد غیرنسبیتی و دوقطبی مغناطیسی نابه‌هنجار الکترون، اتم هیدروژن، پراکنش و نمودارهای فاینمن، تقارن صلیبی و کیو.ای.دی اختلالی.

20. 2 مکانیک آماری I

4 واحد، پیش‌نیاز:

1. متوسط‌گیری زمانی و متوسط‌گیری مجموعه‌ای، ارگدیک بودن سیستم
2. سیستم‌های بسته و هنگرد میکروکاننیک،
 - الف - متساوی‌الاحتمال بودن حالت‌ها و تعریف آنتروپی،
 - ب - حد ترمودینامیک و یکسانی تعریف آنتروپی بر اساس سطح و حجم فضای فاز
 - پ - گاز کامل و معادلات حالت و آنتروپی
 - ت - قضیه هم‌پاری
3. سیستم‌های در تماس با چشمه‌ی گرمایی و هنگرد کاننیک،
 - الف - هنگرد کاننیک بر اساس نظریه‌ی اطلاعات
 - ب - حد ترمودینامیک و سازگاری هنگردهای کاننیک و میکروکاننیک
 - پ - پهنای انرژی و نامنفی بودن گرمای ویژه
 - ت - گاز کامل (با هنگرد کاننیک)
 - ث - پارامغناطیس روی شبکه و دمای منفی
4. سیستم‌های در تماس با چشمه‌ی گرمایی و چشمه‌ی ذرات - هنگرد گراندکاننیک
 - الف - هنگرد گراندکاننیک بر اساس نظریه‌ی اطلاعات
 - ب - حد ترمودینامیک و سازگاری هنگرد گراندکاننیک با هنگرد کاننیک
 - پ - پهنای تعداد ذرات (یا حجم) و نامنفی بودن تراکم‌پذیری
 - ت - گذارهای فاز و ساختار مکسول
 - ث - گاز کامل
5. پدیده‌های جنبشی: ناکامل بودن گاز، مقطع برخورد، پویا آزاد میانگین، زمان متوسط برخورد، شار ذرات، فشار، ضریب رسانش، ضریب پخش، گرانروی
6. ماتریس چگالی و مکانیک آماری کوانتومی: نوسان گر هم‌آهنگ، مدل ساده‌ی تصعید، گاز کامل، بلور
7. آمار مکسول-بلتزمان، آمار بزه-اینشتین، آمار فرمی-دیرک، گاز کامل کوانتومی، حالت‌های تبه‌گن و کلاسیک، طول موج گرمایی، برهم‌کنش مؤثر به جای آمار.

2021 مکانیک آماری II

4 واحد، پیش‌نیاز: 2020

1. گاز کامل بُزنی، چگالش، تابش کاواک، گاز فتونی، مدل دبی برای جامدها
2. گاز کامل فرمیونی، فشار دمای صفر، پارامغناطیس پاولی، دیامغناطیس لاندائو، فلزات، کوتوله‌های سفید، جرم چاندراسخار
3. روش‌های تقریبی: بسط خوشه‌ای، روش میدان میانگین
4. مدل ایزینگ: یک- و دو-بعدی، ماتریس انتقال
5. گذار فاز و پدیده‌های بحرانی، میدان میانگین، مدل لاندائو-گینزبورگ، روش اختلال،
6. بازبهنجارش

2.22 الکترونیک I

4 واحد، پیش‌نیاز: 2.9،

1 سرفصل‌ها

1. مدارهای خطی: مقاومت، خازن، خودالقا، منبع جریان منبع ولتاژ وابسته، توان و انرژی
2. عنصرهای دوقطبی (چهارسر) القاگر متقابل، ترانس آرمانی، ماتریس مخالفت (امپدانس)، ماتریس موافقت (ادمیتانس)، ماتریس مخلوط، ماتریس انتقال
3. روش‌های کلی حل مدارهای خطی: تحلیل گره و حلقه، تبدیل‌های نرژن و یونن.
4. قضیه‌های کلی مدارهای خطی: جانشانی، جمع آثار، دوجانبه‌گی
5. مدارهای خطی در حالت دائمی سینوسی
6. مدارهای غیرخطی (شامل مقاومتها، خازن‌ها، و خودالقاها غیرخطی)، فضای حالت

2.23 الکترونیک II

4 واحد، پیش‌نیاز: 2.22، 2.24

1 سرفصل‌ها

1. دی‌ید، یک‌سوکننده‌ها، مدارهای دی‌یدی،
2. ترانزیستورهای دی‌یوندی، مدار معادل، مدار معادل سیگنال کوچک، سویش، و تقویت‌کننده‌های ترانزیستوری
3. ترانزیستورهای اثرمیدان، مدار معادل، مدار معادل سیگنال کوچک، سویش، و تقویت‌کننده‌های ترانزیستوری
4. تقویت‌کننده‌های عملیاتی، پس‌خور، جمع‌کننده، مشتق‌گیر، انتگرال‌گیر
5. مقدمه ای بر مدارهای منطقی

2024 فیزیک ماده‌ی چگال

4 واحد، پیش‌نیاز: 2018،

1 سرفصل‌ها

1. شبکه‌ی بلور، شبکه‌ی وارون، قانون بزرگ
2. ارتعاش‌های شبکه
3. رسانش: نارساناها، رساناها، نیم‌رساناها
4. نیم‌رساناهای ذاتی و عارضی - اثر دما
5. پیوندگاه‌های p-n
6. ابررسانی

2.25 اپتیک

4 واحد، پیش‌نیاز: 2.9

1 سرفصل‌ها

1. اپتیک هندسی: سرعت نور، شکست، بازتابش، عدسی، آینه، دستگاه‌های اپتیک هندسی، تقریب پیرامحوری، ذره‌بین، میکروسکوپ، تلسکوپ
2. اپتیک موجی: تداخل، پراش، توری، تداخل‌سنج‌ها،
3. قطبش نور، بیضی‌سنجی، قطبی‌گر
4. مواد ناهم‌سان‌گرد (دو- و سه-شکستی)، تیغه‌های کسر طول موج،
5. هم‌دوسی

2.26 فیزیک هسته‌ای

2 واحد، پیش‌نیاز: 2.18، 2.6

1 سرفصل‌ها

1. پرتوزایی، پرتوهای آلفا، بتا، و گاما، سری‌های هسته
2. پایداری هسته، عددهای جادویی
3. مدل قطره‌ی مایعی، مدل لایه‌ای، واکنش‌ها

2.27 اختر فیزیک

2 واحد، پیش‌نیاز: 2.6، 2.13، 2.21

1 سرفصل‌ها

1. سیاره‌ها، ستاره‌ها، صورت‌های فلکی،
2. طیف ستاره‌ها، فاصله‌ی ستاره‌ها
3. تپندها، دوتایی‌ها
4. تحول ستاره‌ها

2.28 لیزر

2 واحد، پیش‌نیاز: 2.18، 2.21، 2.25

1 سرفصل‌ها

1. مشخصات: تک‌فامی، هم‌دوسی، جهت‌مندی، روشنایی
2. سازو-کار لیزر، دمش‌های اپتیکی و الکتریکی
3. لیزرهای گازی، لیزرهای مایع، لیزرهای جامد، لیزرهای نیم‌رسانا، لیزرهای الکترون آزاد

29 . 2 شیمی I

4 واحد، پیش‌نیاز: 2018

1 سرفصل‌ها

1. جدول دوره‌ای
2. اسیدها و بازها، pH
3. اکسایش و کاهش
4. تعادل‌ها و سینتیک شیمیایی
5. عنصرهای گروه‌های اصلی: I، II، III، IV، V، VI، VII و VIII.
6. فلزهای واسطه، لانتانیدها، آکتینیدها
7. ترکیب‌های کمپلکس

30 · 2 شیمی II

4 واحد، پیش‌نیاز: 2029

1 سرفصل‌ها

1. هیدروکربن‌ها (آروماتیک و غیرآروماتیک)
2. الکل‌ها و اترها
3. ترکیب‌های کربنیل
4. اسیدها و استرها
5. آمین‌ها و آمیدها
6. آمینواسیدها و پروتئین‌ها
7. کربوهیدرات‌ها
8. چربی‌ها
9. اسیدهای هسته‌ای، آران‌ای و دی‌ان‌ای

فصل 3

آزمایش گاهها

3.1 آزمایش گاه I

2 واحد، پیش‌نیاز:

1. داده‌پردازی
2. سنسجش تعداد: تعیین تعداد برنج‌های توی یک لیوان؛ تعیین تابع توزیع وزن یک تعداد لوبیا.
3. سنسجش طول: میز، ابعاد اتاق، ابعاد آجر، طول ساختمان، کولیس و ریزسنج: اندازه‌ی برنج، قطر سیم مسی، قطر سیم تنگستن لامپ‌های ال‌تھابی.
4. گونیامتر: تعیین دقیق زاویه در آزمایش‌گاه.
5. تئذلیت و مساحی: تعیین فاصله‌ی بین دو ساختمان (حدود km)، تعیین شیب، سنسجش ارتفاع پته.
6. سنسجش زمان با کُرُمتر:
7. سنسجش جرم: ترازوی یک‌کفه‌ای، ترازوی دوکفه‌ای.
8. سنسجش چگالی و حجم، چگالی سنج باتری‌سازها
9. سنسجش سرعت.
10. سنسجش شتاب.

3.2 آزمایش گاه II

2 واحد، پیش نیاز: ??

1. نیرو: قانون هوک و انحراف از قانون هوک
2. ضریب اصطکاک: اصطکاک جامد-جامد
3. اصطکاک: حرکت در شاره، نیروی متناسب با v
4. قانون اول نیوتن
5. قانون دوم نیوتن
6. قانون سوم نیوتن - ریل. شتاب دو جسم با جرم‌های مختلف که هم را پرت می‌کنند. صندلی، چرخ‌دار و گُل دادن هم‌دیگر
7. بردار بودن نیرو
8. اصطکاک غلتشی

3.3 آزمایش گاه III

2 واحد، پیش‌نیاز: ??

1. برخورد در 1 بعد
2. برخورد ذره‌ها در 2 بعد
3. برخورد ذره با میله در 2 بعد
4. مقطع کل (با نیمه‌دیفرانسیلی) برخورد:
گلوله‌ی آهنی روی یک میز حرکت می‌کند. گلوله تحت تأثیر میدان مغناطیسی یک آهن‌ربا است. آهن‌ربا زیر میز است (دیده نمی‌شود).
5. برخورد ذره با یک مانع نامتقارن:
مانع ی در وسط میز است. ذره ای با سرعت v به طرف آن می‌رود. بسته به پارامتر برخورد ذره مسیرهای مختلف خواهد داشت.
6. سرعت زاویه‌ای، شتاب زاویه‌ای، لختی دروانی
7. تکانه‌ی زاویه‌ای: چرخ-فرقه
8. تکانه‌ی زاویه‌ای: جمع و تفاضل تکانه‌ی زاویه‌ای
9. ژیرسکپ

3.4 آزمایش‌گاه IV

2 واحد، پیش‌نیاز: ??

1. فنر - نوسانِ واداشته
2. آونگ - دامنه‌ی بزرگ
3. موج در ریسمان (بس‌تاب)
4. موج در فنر
5. لوله‌ی صوتی
6. موج در سطحِ آب
7. تداخل
8. نوار - معادله‌ی سینوس-گرْدن
9. شلیتون

3.5 آزمایش گاه V

2 واحد، پیش‌نیاز: ؟؟

1. سنجش، کشش، سطحی
2. سنجش، چسبندگی، شاره
3. سنجش، سرعت، شاره
4. سنجش، گرانروی، شاره
5. مدول‌ها: آزمایش، اول
6. مدول‌ها: آزمایش، دوم
7. دماسنجی
8. نم‌سنجی
9. فشار، هواسنجی

3.6 آزمایش‌گاه VI

2 واحد، پیش‌نیاز: ??

1. قانون‌های گازها
2. ضریب انبساط خطی
3. ضریب انبساط حجمی
4. گرمای ویژه بر حسب دما
5. قانون دولن و پتی، و انحراف از آن
6. گرمای نهان تبخیر
7. تعیین نقطه‌ی ذوب (مواد خالص و مواد مخلوط)
8. تعیین نقطه‌ی جوش (مواد خالص و مواد مخلوط)

3.7 آزمایش‌گاه VII

2 واحد، پیش‌نیاز: ??

1. گرمای واکنش
2. پیل سنجی
3. فشار بخار بر حسب دما
4. جوشیدن دو مایع مخلوط‌نشده
5. تقطیر-تبخیر
6. دما-مغناطیس

3.8 آزمایش گاه VIII

2 واحد، پیش نیاز: ؟؟

1. جریان، ولتاژ، و قانون اهم
2. اسیلسکپ - آزمایش اول
3. اسیلسکپ - آزمایش دوم
4. ظرفیت سنجی
5. سنجش خودالقایی و القای متقابل
6. مقاومت و رسانندگی: جامد، الکترولیت، پل و تستن

3.9 آزمایش‌گاه IX

2 واحد، پیش‌نیاز: ??

1. سنجش بار
2. سنجش میدان الکتریکی
3. سنجش میدان مغناطیسی زمین
4. سنجش ϵ
5. سنجش μ
6. پس ماند
7. آزمایش اینشتین-د هاس

3.10 آزمایش گاه X

2 واحد، پیش‌نیاز: ؟؟

1. سرعت نور
2. شدت نور
3. ضریب شکست نور
4. شکست
5. بازتابش
6. تداخل
7. پراش
8. قطبش - بیضی‌سنجی، زاویه‌ی بروستر
9. قطبش - چرخش قطبش نور در عبور از محلول، و موثر دوشکستی

3.11 آزمایش گاه XI

2 واحد، پیش‌نیاز: ؟؟

1. فلوثورسان و فسفرسان

2. فتوالکترونیک

3. ترمیونیک

4. لامپ پرتوی کاتدی

5. لامپ پرتوی ایکس

6. پرتوزایی و آشکارسازها

7. e/m

8. e

9. پراش الکترون

3. 12 آزمایش گاه XII

2 واحد، پیش‌نیاز: ؟؟

1. تابش جسم سیاه
2. طیف اتمی
3. طیف ملکولی
4. پیزوالکتریک
5. فرانک-هرتس
6. شترن-گرلاخ
7. شترن-گرلاخ فتونی
8. زیمان
9. شتارک

3.13 آزمایش گاه XIII

2 واحد، پیش نیاز: ?? آزمایش گاه شیمی

3.14 آزمایش گاه XIV

2 واحد، پیش نیاز: ؟؟

1. سنجش طول و عرض جغرافیایی
2. جغرافیای آسمان
3. رصد کردن صورت های فلکی
4. رصد ستاره ها
5. قدرسنجی
6. رنگسنجی، طیفسنجی

3.15 آزمایش گاه XV

2 واحد، پیش‌نیاز: ?? آزمایش گاه لیزر

3.16 کارگاه عمومی

برچسب کارگاه عمومی 2 واحد، پیش نیاز: ؟؟

3.17 کارگاه الکترونیک

2 واحد، پیش‌نیاز: 2.23

3.18 کارگاهِ عکاسی

2 واحد، پیش‌نیاز: 2.25

فصل 4

درس‌های عمومی

1. فارسی I، 3 واحد
2. فارسی II، 3 واحد
3. معارف اسلامی، I، 3 واحد
4. معارف اسلامی، II، 3 واحد
5. عربی، I، 3 واحد
6. عربی، I، 3 واحد
7. تاریخ اسلام، 3 واحد
8. ریشه‌های انقلاب اسلامی، 3 واحد
9. تاریخ علم، 3 واحد
10. ورزش I، 1 واحد
11. ورزش II، 1 واحد
12. ورزش III، 1 واحد