

صبح جمعه

۱۴۰۲/۱۲/۰۴



جمهوری اسلامی ایران  
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری  
سازمان سنجش آموزش کشور

«در زمینه مسائل علمی، باید دنبال قله بود»  
مقام معظم رهبری

## آزمون ورودی دوره‌های کارشناسی ارشد ناپوسته داخل – سال ۱۴۰۳

فیزیک (کد ۱۲۰۴)

مدت زمان پاسخگویی: ۲۷۰ دقیقه

تعداد سؤال: ۱۰۵

عنوان مواد امتحانی، تعداد و شماره سؤال‌ها

| ردیف | مواد امتحانی  | تعداد سؤال | از شماره | تا شماره |
|------|---|------------|----------|----------|
| ۱    | زبان عمومی و تخصصی (انگلیسی)  | ۲۵         | ۱        | ۲۵       |
| ۲    | دروس تخصصی ۱ (فیزیک پایه ۱، ۲ و ۳)، فیزیک جدید، ترمودینامیک و مکانیک آماری، ریاضی فیزیک (۱ و ۲) | ۴۰         | ۲۶       | ۶۵       |
| ۳    | دروس تخصصی ۲ (مکانیک کلاسیک ۱ و ۲)، الکترومغناطیس (۱ و ۲)، مکانیک کوانتومی (۱ و ۲)              | ۴۰         | ۶۶       | ۱۰۵      |

این آزمون، نمره منفی دارد.

استفاده از ماشین حساب مجاز نیست.

حق چاپ، تکثیر و انتشار سؤالات به هر روش (الکترونیکی و ...) پس از برگزاری آزمون، برای تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی تنها با مجوز این سازمان مجاز می‌باشد و با متخلفین برابر مقررات رفتار می‌شود.

\* داوطلب گرامی، عدم درج مشخصات و امضا در مندرجات جدول زیر، به منزله عدم حضور شما در جلسه آزمون است.

اینجانب ..... با شماره داوطلبی ..... با آگاهی کامل، یکسان بودن شماره  
صندلی خود با شماره داوطلبی مندرج در بالای کارت ورود به جلسه، بالای پاسخنامه و دفترچه سؤال‌ها، نوع و  
کد کنترل درج شده بر روی دفترچه سؤال‌ها و پایین پاسخنامه‌ام را تأیید می‌نمایم.

امضا:

زبان عمومی و تخصصی (انگلیسی):

## PART A: Vocabulary

**Directions:** Choose the word or phrase (1), (2), (3), or (4) that best completes each sentence. Then mark the answer on your answer sheet.

- 1- But at this point, it's pretty hard to hurt my ..... I've heard it all, and I'm still here.  
1) characterization 2) feelings  
3) sentimentality 4) pain
- 2- Be sure your child wears sunscreen whenever she's ..... to the sun.  
1) demonstrated 2) confronted 3) invulnerable 4) exposed
- 3- Many of these popular best-sellers will soon become dated and ....., and will eventually go out of print.  
1) irrelevant 2) permanent 3) fascinating 4) paramount
- 4- The men who arrived in the ..... of criminals were actually undercover police officers.  
1) uniform 2) job 3) guise 4) distance
- 5- It was more ..... to take my meals in bed, where all I had to do was push away my tray with its uneaten food and fall back upon my pillows.  
1) haphazard 2) reckless 3) convenient 4) vigorous
- 6- His victory sparked a rare wave of ..... in his home country. Nicaraguans poured into the streets, honking car-horns and waving the national flag.  
1) serendipity 2) tranquility 3) aspersion 4) euphoria
- 7- He liked the ease and glitter of the life, and the luster ..... on him by being a member of this group of rich and conspicuous people.  
1) conferred 2) equivocated 3) attained 4) fabricated

## PART B: Cloze Test

**Directions:** Read the following passage and decide which choice (1), (2), (3), or (4) best fits each space. Then mark the correct choice on your answer sheet.

Roman education had its first "primary schools" in the 3rd century BCE, but they were not compulsory ..... (8) entirely on tuition fees. There were no official schools in Rome, nor were there buildings used specifically for the

purpose. Wealthy families ..... (9) private tutors to teach their children at home, while less well-off children were taught in groups. Teaching conditions for teachers could differ greatly. Tutors who taught in a wealthy family did so in comfort and with facilities; ..... (10) been brought to Rome as slaves, and they may have been highly educated.

- |     |                                    |                                     |
|-----|------------------------------------|-------------------------------------|
| 8-  | 1) which depending                 | 2) and depended                     |
|     | 3) for depended                    | 4) that depended                    |
| 9-  | 1) have employed                   | 2) employed                         |
|     | 3) were employed                   | 4) employing                        |
| 10- | 1) some of these tutors could have | 2) because of these tutors who have |
|     | 3) that some of them could have    | 4) some of they should have         |

### PART C: Reading Comprehension

**Directions:** Read the following three passages and answer the questions by choosing the best choice (1), (2), (3), or (4). Then mark the correct choice on your answer sheet.

#### PASSAGE 1:

Planck made many contributions to theoretical physics, but his fame rests primarily on his role as originator of the quantum theory. This theory revolutionized our understanding of atomic and subatomic processes, just as Albert Einstein's theory of relativity revolutionized our understanding of space and time. Together they constitute the fundamental theories of 20th-century physics. Both have forced humankind to revise some of the most-cherished philosophical beliefs, and both have led to industrial and military applications that affect every aspect of modern life.

Planck's concept of energy quanta, in other words, conflicted fundamentally with all past physical theory. He was driven to introduce it strictly by the force of his logic; he was, as one historian put it, a reluctant revolutionary. Indeed, it was years before the far-reaching consequences of Planck's achievement were generally recognized, and in this Einstein played a central role. In 1905, independently of Planck's work, Einstein argued that under certain circumstances, radiant energy itself seemed to consist of quanta (light quanta, later called photons), and in 1907 he showed the generality of the quantum hypothesis by using it to interpret the temperature dependence of the specific heats of solids.

- 11- The word "they" in paragraph 1 refers to .....  
 1) space and time  
 2) Planck and Einstein  
 3) atomic and subatomic processes  
 4) quantum theory and theory of relativity
- 12- The word "most-cherished" in paragraph 1 is closest in meaning to .....  
 1) long-lasting  
 2) greatly-loved  
 3) mostly theoretical  
 4) generally superstitious

- 13- According to paragraph 1, .....  
 1) Einstein was more famous than Planck during his lifetime  
 2) Planck's ideas were too theoretical to find an applied usage  
 3) it was particularly quantum theory that resulted in its originator's reputation  
 4) theories of physics put to military use may lead to catastrophes, claiming innocent lives
- 14- The passage mentions all of the following terms EXCEPT .....  
 1) photons  
 2) quantum hypothesis  
 3) quantum mechanics  
 4) theory of relativity
- 15- According to the passage, which of the following statements is true?  
 1) The full implications of Planck's achievement regarding the concept of energy quanta were not immediately obvious.  
 2) Planck's contributions to quantum theory were in line with the established classical theory of physics, probably including that of Newtonian physics.  
 3) Planck and Einstein's cooperation is a good example of teamwork in the field of science.  
 4) Einstein's theories, in a way, helped Planck to elaborate on his quantum theory.

**PASSAGE 2:**

Galileo Galilei (1564–1642) was an Italian physicist who perfected the modern scientific method. His work on accelerated motion was essential groundwork for Newtonian physics. Unfortunately, Galileo's defense of Copernican (or heliocentric) astronomy—the view that Earth rotates around the sun, not the other way around—ran afoul of established religious doctrine. [1] The Catholic Church, which taught that Earth is stationary, declared in 1616 that heliocentrism was “false and altogether contrary to Scripture.”

In 1633 the elderly Galileo was brought before the Inquisition and found guilty of heresy (preaching incorrect belief) and shown the instruments of torture that would be used on him if he did not retract his statements. Under duress, Galileo publicly retracted his belief in heliocentrism and spent the rest of his life under house arrest. [2] Because of Galileo's conviction, scientists were fearful of speaking truthfully in Southern Europe for decades afterward, and most of the work in the Scientific Revolution was thereafter done in England and Northern Europe.

The church eventually admitted its mistake, but not until many years later. In 1822, the church lifted its ban on books teaching the view that Earth goes around the sun; in 1981, Pope John Paul II (1920–2005) convened a new commission to study the Galileo case. In 1992, the commission declared that the case had been marked by “tragic mutual incomprehension.” [3] This has not been enough for some; for instance, priest George Coyne, a former director of the Vatican observatory (1978–2006), would have liked a more thorough admission of responsibility for Galileo's persecution and a true apology. [4]

- 16- According to paragraph 1, all of the following statements are true EXCEPT that .....  
 1) Copernican astronomy held that the Earth rotates around the sun  
 2) the Church officially condemned Newtonian physics  
 3) the Catholic Church believed that the Earth is stationary  
 4) Galileo favored heliocentrism

- 17- The word "persecution" in paragraph 3 is closest in meaning to .....  
1) harassment      2) disappointment      3) incarceration      4) trial
- 18- The passage employs all the following techniques EXCEPT .....  
1) quotation      2) definition  
3) exemplification      4) function description
- 19- According to the passage, which of the following statements is true?  
1) Galileo's ill-treatment by the inquisition left a significant impact on scientists in a part of the Europe for decades.  
2) Pope John Paul II (1920–2005) convened a new commission immediately after Galileo's death to resolve the unfortunate issue.  
3) Galileo was unfortunately brought before the Inquisition in the prime of his life.  
4) Although Galileo retracted his belief, he was sentenced to life in state prison.
- 20- In which position marked by [1], [2], [3] or [4], can the following sentence best be inserted in the passage?  
**Blind and disappointed, he died in 1642, the same year Isaac Newton was born.**  
1) [1]      2) [2]      3) [3]      4) [4]

**PASSAGE 3:**

[1] When Einstein's great papers of 1905 appeared in print, he was not a newcomer to the *Annalen der Physik*, in which he published most of his early works. Of crucial importance for his further research were three early papers on the foundations of statistical mechanics, in which he tried to fill what he considered to be a gap in the mechanical foundations of thermodynamics. When Einstein wrote his three papers he was not familiar with the work of Gibbs and only partially with that of Boltzmann. [2] Einstein's papers, like Gibbs's *Elementary Principles of Statistical Mechanics* of 1902, form a bridge between Boltzmann's work and the modern approach to statistical mechanics. In particular, Einstein independently formulated the distinction between the microcanonical and canonical ensembles and derived the equilibrium distribution for the canonical ensemble from the microcanonical distribution. [3]

Einstein's profound insight into the nature and size of fluctuations played a decisive role for his most revolutionary contribution to physics: the light-quantum hypothesis. [4] Indeed, Einstein extracted the light-quantum postulate from a statistical-mechanical analogy between radiation in the Wien regime and a classical ideal gas of material particles. In this consideration, Boltzmann's principle, relating entropy and probability of macroscopic states, played a key role. Later Einstein extended these considerations to an analysis of energy and momentum fluctuations in the radiation field.

- 21- The word "that" in paragraph 1 can best be replaced by .....  
1) the importance      2) the theory  
3) the paper      4) the work
- 22- The word "decisive" in paragraph 2 is closest in meaning to .....  
1) definitive      2) theoretical  
3) insignificant      4) practical

- 23- According to the passage, which of the following statements is true?
- 1) Einstein's most significant achievement in physics was a completely original idea, formulated without depending on previous scholarship.
  - 2) Einstein's three early papers on the foundations of statistical mechanics were in part colored and shaped by Gibbs' ideas.
  - 3) Boltzmann's ideas, in a way, greatly influenced Einstein's light-quantum postulate.
  - 4) In 1905, *Annalen der Physik* published Einstein's first scientific articles in physics.
- 24- In which position marked by [1], [2], [3] or [4], can the following sentence best be inserted in the passage?
- Of special importance for his later research was the derivation of the energy-fluctuation formula for the canonical ensemble.
- 1) [2]
  - 2) [3]
  - 3) [4]
  - 4) [1]
- 25- The passage provides sufficient information to answer which of the following questions?
- I. What are some of the distinctions between the microcanonical and canonical ensembles?
  - II. What was Einstein's purpose in his three early papers?
  - III. How Einstein's analysis of energy and momentum fluctuations shaped the course of physics?
- 1) Only I
  - 2) Only II
  - 3) Only III
  - 4) I and II

دروس تخصصی ۱ (فیزیک پایه ۱، ۲ و ۳)، فیزیک جدید، ترمودینامیک و مکانیک آماری، ریاضی فیزیک (۱ و ۲):

- ۲۶- قطار بین شهری فاصله ۶۳ کیلومتری بین دو شهر را در مدت زمان یک ساعت و ده دقیقه می پیماید. در بین این دو شهر ایستگاه هایی وجود دارد. اگر سرعت متوسط قطار بین دو ایستگاه متوالی ۷۰ کیلومتر بر ساعت باشد، کل زمانی را که قطار در ایستگاه ها توقف داشته، چند دقیقه بوده است؟
- ۱) ۶
  - ۲) ۷
  - ۳) ۱۴
  - ۴) ۱۶
- ۲۷- گلوله ای به جرم ۰/۴ کیلوگرم را به طور عمود با سرعت ۳۰ متر بر ثانیه به سمت بالا پرتاب می کنیم. گلوله بعد از ۲/۵ ثانیه به بیشترین ارتفاعش می رسد. نیروی متوسط مقاومت هوا که بر این گلوله وارد شده است، چند نیوتن است؟ (شتاب جاذبه زمین را  $g = 10 \frac{m}{s^2}$  بگیرید.)
- ۱) ۰/۸
  - ۲) ۰/۹
  - ۳) ۱/۰
  - ۴) ۱/۲

۲۸- گلوله‌ای به جرم  $m$  با سرعت ثابت  $v$  در حال حرکت است. این گلوله در مسیر خود، با گلوله دیگری به جرم  $m$  که ساکن است، برخورد ناکشسان انجام می‌دهد. بعد از برخورد، گلوله اول در راستای اولیه عمود بر راستای حرکتش، با سرعت  $\frac{v}{4}$  حرکت می‌کند. اندازه سرعت گلوله دوم بعد از برخورد چقدر است؟

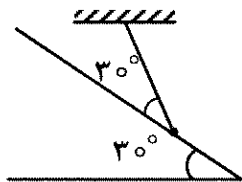
(۱)  $\frac{v}{2}$

(۲)  $\frac{\sqrt{2}}{2}v$

(۳)  $\frac{\sqrt{3}}{2}v$

(۴)  $\frac{\sqrt{5}}{2}v$

۲۹- مطابق شکل گلوله آونگی که از سقف آویزان است، بر روی سطح شیب‌داری، با زاویه شیب  $30^\circ$  قرار دارد. راستای نخ آونگ، با سطح شیب‌دار نیز زاویه  $30^\circ$  می‌سازد. نیرویی که از طرف سطح شیب‌دار به گلوله وارد می‌شود، چند برابر وزن گلوله است؟ (از اصطکاک چشم‌پوشی کنید).



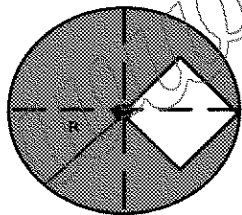
(۱)  $\frac{1}{\sqrt{2}}$

(۲)  $\frac{1}{\sqrt{3}}$

(۳)  $\frac{1}{2}$

(۴)  $\frac{1}{3}$

۳۰- یک قرص دایره‌ای یکنواخت به شعاع  $R$  داریم. مطابق شکل، بخشی از این قرص را به شکل مربع، جدا کرده‌ایم. در این حالت مرکز جرم قرص در چه فاصله‌ای از مرکز آن قرار دارد؟



(۱)  $\frac{R}{2\pi - 1}$

(۲)  $\frac{R}{2\pi + 1}$

(۳)  $\frac{R}{2(2\pi - 1)}$

(۴)  $\frac{R}{2(2\pi + 1)}$

۳۱- یک کره توپر به شعاع  $R_1$  دارای بار الکتریکی با چگالی حجمی  $p(r) = \frac{A}{r}$  است.  $A$  مقدار ثابتی است و  $r$  فاصله هر نقطه از کره تا مرکز آن است. این کره درون یک پوسته کروی بزرگتر به شعاع  $R_2$  قرار دارد. پوسته کروی دارای چگالی سطحی بار منفی یکنواخت  $-\sigma$  است. اگر بار کل این مجموعه صفر باشد، نسبت  $\frac{R_2}{R_1}$  چقدر است؟

(۱)  $\sqrt{\frac{A}{2\pi\sigma}}$

(۲)  $\sqrt{\frac{A}{2\sigma}}$

(۳)  $\sqrt{\frac{2A}{\sigma}}$

(۴)  $\sqrt{\frac{2\pi A}{\sigma}}$

۳۲- دو گلوله مشابه کوچک باردار با بارهای مساوی، توسط دو نخ هم اندازه، از یک نقطه آویزان شده‌اند. گلوله‌ها از ماده‌ای با چگالی  $1/6$  گرم بر سانتی متر مکعب ساخته شده‌اند. زاویه بین نخ‌ها  $30^\circ$  است. اگر این مجموعه را درون مایعی با چگالی  $0/8$  گرم بر سانتی متر مکعب فرو ببریم، دیده می‌شود که زاویه بین نخ‌ها همان  $30^\circ$  باقی می‌ماند. ثابت دی‌الکتریک مایع کدام است؟

(۱) ۱

(۲) ۲

(۳) ۳

(۴) ۴

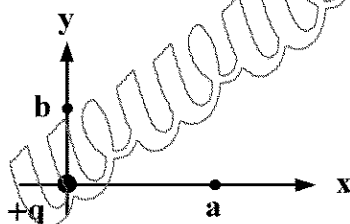
۳۳- بار  $+q$  در مبدأ مختصات قرار دارد. کار لازم برای انتقال بار  $Q$  از نقطه‌ای روی محور  $x$  با طول  $x = a$  به نقطه‌ای روی محور  $y$  با عرض  $y = b$ ، کدام است؟

(۱) صفر

(۲)  $\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0} \frac{a+b}{ab}$

(۳)  $\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0} \frac{a-b}{ab}$

(۴)  $\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0} \frac{b-a}{ab}$



۳۴- شکل زیر سه سیم رسانای بسیار دراز را نشان می‌دهد که موازی یکدیگر، در یک صفحه قرار دارند. سیم  $A$  حامل جریان  $I$ ، سیم  $B$  حامل جریان  $2I$  و سیم  $C$  حامل جریان  $3I$  است. جهت نیروی برآیند وارد بر سیم وسط

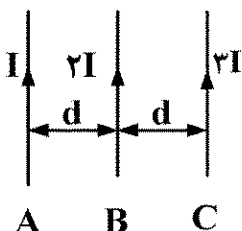
(سیم  $B$ ) کدام است؟

(۱) به سمت سیم  $A$

(۲) به سمت سیم  $C$

(۳) عمود بر صفحه کاغذ به سمت داخل

(۴) عمود بر صفحه کاغذ به سمت خارج





۳۵- یک قرص دایره‌ای به شعاع  $R$  دارای بار الکتریکی با چگالی سطحی یکنواخت  $\sigma$  است. این قرص با سرعت زاویه‌ای ثابت  $\omega$  حول محورش (محوری که بر قرص عمود است و از مرکز قرص می‌گذرد) دوران می‌کند. گشتاور مغناطیسی این قرص کدام است؟

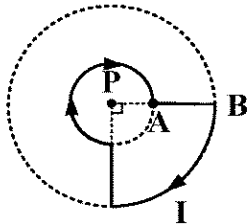
(۱)  $\pi R^4 \sigma \omega$

(۲)  $2\pi R^4 \sigma \omega$

(۳)  $\frac{\pi R^4}{2} \sigma \omega$

(۴)  $\frac{\pi R^4}{4} \sigma \omega$

۳۶- از مدار نشان داده شده در شکل زیر، جریان  $I$  می‌گذرد. میدان مغناطیسی در نقطه  $P$  (مرکز دایره کوچکتر) کدام است؟  
 $PA = R$ ،  $PB = 2R$  و این مدار بخش‌هایی از دو دایره هم‌مرکز به شعاع‌های  $R$  و  $2R$  است.



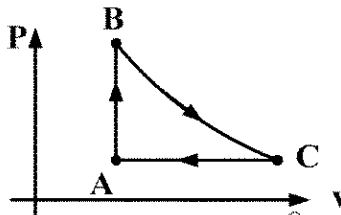
(۲)  $\frac{3\mu_0 I}{16\pi R}$

(۴)  $\frac{7\mu_0 I}{16R}$

(۱)  $\frac{3\mu_0 I}{4\pi R}$

(۳)  $\frac{3\mu_0 I}{8R}$

۳۷- یک مول گاز ایده‌آل دو اتمی، چرخه  $ABCA$  نشان داده شده در شکل زیر را طی می‌کند. فرایند  $BC$  بی‌دررو است. دما در نقطه  $A$  برابر با  $400$  کلوین، در نقطه  $B$  برابر با  $800$  کلوین و در نقطه  $C$  برابر با  $600$  کلوین است. کدام مورد درست است؟ ( $R$  ثابت عمومی گازهاست).



- (۱) تغییر انرژی درونی گاز در کل چرخه برابر با  $250R$  است.  
(۲) تغییر انرژی درونی گاز در فرایند  $BC$  برابر با  $500R$  است.  
(۳) تغییر انرژی درونی گاز در فرایند  $CA$  برابر با  $700R$  است.  
(۴) تغییر انرژی درونی گاز در فرایند  $AB$  برابر با  $350R$  است.

۳۸- مخزن آبی که روی زمین قرار دارد، تا ارتفاع  $50$  سانتی‌متر، از آب پر شده است. در ارتفاع  $40$  سانتی‌متری از کف مخزن، سوراخی در بدنه آن ایجاد شده است. آبی که از این سوراخ خارج می‌شود در فاصله چند سانتی‌متری از مخزن با سطح زمین برخورد می‌کنند؟

(۱)  $20$

(۲)  $35$

(۳)  $40$

(۴)  $45$

۳۹- سه مایع مختلف با جرم‌های مساوی داریم. دمای مایع اول  $12$  درجه سلسیوس، دمای مایع دوم  $19$  درجه سلسیوس و دمای مایع سوم  $30$  درجه سلسیوس است. اگر مایع اول و دوم را مخلوط کنیم، دمای تعادل برابر با  $16$  درجه سلسیوس می‌شود. اگر مایع دوم و سوم را مخلوط کنیم، دمای تعادل  $22$  درجه سلسیوس خواهد شد. دمای تعادل مخلوط مایع اول و سوم چند درجه سلسیوس است؟

(۱)  $20$

(۲)  $19$

(۳)  $18$

(۴)  $17$

۴۰- یک پوسته کروی فلزی با شعاع داخلی  $a$  و شعاع خارجی  $b$ ، در آب به طور کامل غوطه ور است. اگر چگالی این فلز ۸ برابر چگالی آب باشد، نسبت  $\frac{a}{b}$  کدام است؟

(۱)  $(\frac{7}{8})^{\frac{1}{3}}$

(۲)  $(\frac{5}{8})^{\frac{1}{3}}$

(۳)  $(\frac{1}{3})^{\frac{1}{3}}$

(۴)  $(\frac{1}{8})^{\frac{1}{3}}$

۴۱- یک ماشین کارنو بین دماهای ۸۰۰ کلوین و ۲۰۰ کلوین کار می کند. اگر این ماشین در هر چرخه ۱۲۰۰ ژول کار انجام دهد، در هر چرخه چه مقدار انرژی گرمایی از منبع با دمای بالا گرفته می شود؟

(۱) ۱۶۰۰

(۲) ۸۰۰

(۳) ۱۲۰۰

(۴) ۱۸۰۰

۴۲- هنگامی که نوری با طول موج  $\lambda$  به سطح فلزی تابیده می شود، پتانسیل قطع فوتوالکترن ها ۶ ولت است. اگر طول موج سه برابر شود، پتانسیل قطع فوتوالکترن ها ۲ ولت می شود.  $\lambda$  کدام است؟ ( $h$  ثابت پلانک،  $c$  سرعت نور و  $e$  اندازه بار الکترون است).

(۱)  $\frac{1}{12} \frac{hc}{e}$

(۲)  $\frac{1}{6} \frac{hc}{e}$

(۳)  $\frac{1}{3} \frac{hc}{e}$

(۴)  $\frac{2}{3} \frac{hc}{e}$

۴۳- در یک آزمایش پراکندگی کامپتون، تغییر طول موج فوتون ۳ برابر طول موج فوتون ورودی است. اگر زاویه پراکندگی فوتون نسبت به راستای اولیه، ۶۰ درجه باشد، طول موج فوتون ورودی کدام است؟ ( $h$  ثابت پلانک،  $c$  سرعت نور و  $m_e$  جرم الکترون است).

(۱)  $\frac{h}{6 m_e c}$

(۲)  $\frac{h}{3 m_e c}$

(۳)  $\frac{2h}{3 m_e c}$

(۴)  $\frac{\sqrt{3}h}{6 m_e c}$

۴۴- ناظری نسبت به جسمی دایره‌ای، موازی با صفحه دایره، حرکت می‌کند. اگر مساحتی که این ناظر متحرک برای این جسم اندازه‌گیری می‌کند، نصف مساحت جسم از دید ناظر ساکن باشد، سرعت ناظر متحرک چه کسری از سرعت نور است؟

- (۱)  $\frac{\sqrt{3}}{4}$   
(۲)  $\frac{1}{2}$   
(۳)  $\frac{2}{3}$   
(۴)  $\frac{\sqrt{3}}{2}$

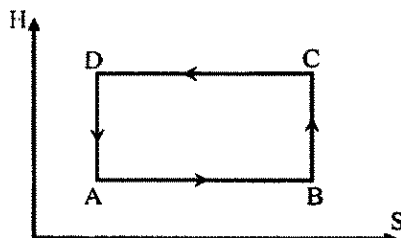
۴۵- ذره‌ای به جرم سکون  $m$  با سرعت  $0.8c$  سرعت نور با ذره ساکنی با جرم سکون  $3m$  برخورد کاملاً ناکشسان انجام می‌دهد. سرعت جرم مرکب بعد از برخورد چه کسری از سرعت نور است؟

- (۱)  $\frac{2}{7}$   
(۲)  $\frac{3}{8}$   
(۳)  $\frac{3}{7}$   
(۴)  $\frac{5}{8}$

۴۶- در یک محیط مادی، رابطه بسامد زاویه‌ای یک موج با عدد موج، به شکل  $\omega = \sqrt{ak + bk^3}$  است.  $a$  و  $b$  مقادیر ثابتی هستند. نسبت سرعت گروه به سرعت فاز در این محیط برای طول موج‌های کوچک کدام است؟

- (۱)  $\frac{2}{3}$   
(۲)  $\frac{3}{4}$   
(۳)  $\frac{4}{3}$   
(۴)  $\frac{3}{2}$

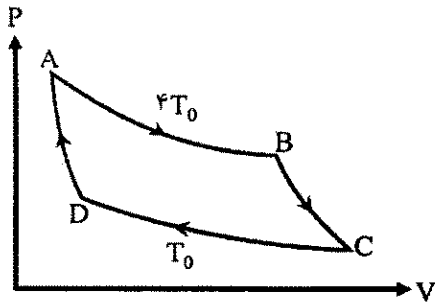
۴۷- چرخه زیر تغییرات آنتالپی سیستمی را برحسب آنتروپی نشان می‌دهد. فرایندهای  $BC$  و  $DA$  فرایندهایی با آنتروپی ثابت و فرایندهای  $AB$  و  $CD$  فرایندهایی با آنتالپی ثابت هستند. کدام یک از موارد زیر درخصوص فرایندهای این چرخه درست است؟



- (۱)  $AB$  هم‌دما و  $DA$  بی‌دررو است.  
(۲)  $AB$  هم‌دما و  $BC$  هم‌حجم است.  
(۳)  $CD$  بی‌دررو و  $BC$  هم‌فشار است.  
(۴)  $CD$  بی‌دررو و  $DA$  هم‌دما است.

۴۸- نمودار فشار بر حسب حجم برای یک ماشین کارنو به شکل زیر است. فرایندهای AB و CD فرایندهای همدمای به ترتیب در دمای  $4T_0$  و  $T_0$  هستند. و فرایندهای BC و DA فرایندهای بی درورو هستند اگر کار انجام شده توسط یک گاز تک اتمی در این چرخه برابر با  $W_1$  و کار انجام شده توسط یک گاز دو اتمی، برابر با  $W_2$  باشد، نسبت

$$\frac{W_2}{W_1} \text{ کدام است؟ } (V_C = 64V_A)$$



$$\frac{1}{2} \quad (1)$$

$$\frac{1}{3} \quad (2)$$

$$\frac{2}{3} \quad (3)$$

$$\frac{2}{3} \quad (4)$$

۴۹- رابطه فشار و حجم یک مول گاز ایده آل، در یک فرایند ترمودینامیکی به شکل  $P = P_0 \left(1 - \frac{V_0}{2V}\right)$  است.

$P_0$  و  $V_0$  مقادیر ثابتی هستند. اگر در این فرایند، حجم گاز از  $V_0$  به  $3V_0$  افزایش یابد، دمای آن چقدر تغییر می کند؟ ( $R$  ثابت عمومی گازهاست)

$$\frac{P_0 V_0}{R} \quad (2)$$

$$\frac{2P_0 V_0}{R} \quad (1)$$

$$\frac{2P_0 V_0}{3R} \quad (4)$$

$$\frac{3P_0 V_0}{2R} \quad (3)$$

۵۰- رابطه ظرفیت گرمایی ویژه برای سیستمی متشکل از  $N$  ذره با اسپین  $\frac{1}{2}$  به شکل زیر است.

$$C(T) = \begin{cases} C_0 \left( \frac{2T}{T_0} - 1 \right) & \frac{T_0}{2} < T < T_0 \\ 0 & T < \frac{T_0}{2}, T > T_0 \end{cases}$$

اگر در دماهای بسیار بیشتر از  $T_0$  جهت گیری اسپین این ذرات کاملاً بی نظم باشد و در دماهای بسیار کمتر از  $T_0$  دارای نظم فرومغناطیسی باشد،  $C_0$  کدام است؟ ( $k_B$  ثابت بولتزمن است.)

$$Nk_B \quad (1)$$

$$Nk_B \ln 2 \quad (2)$$

$$Nk_B (1 - \ln 2) \quad (3)$$

$$\frac{Nk_B \ln 2}{1 - \ln 2} \quad (4)$$

۵۱- اگر تغییر آنتروپی یک گاز ایده آل در یک فرایند انبساط برگشت پذیر هم فشار، برابر با  $\Delta S_1$  باشد و تغییر آنتروپی

گاز برای همین انبساط حجم، در یک فرایند برگشت پذیر هم دما برابر با  $\Delta S_2$  باشد، کدام مورد درست است؟ ( $V_1$  و  $V_2$  حجم گاز در حالت های اولیه و ثانویه است.)

$$\Delta S_1 = \Delta S_2 \quad (2)$$

$$\Delta S_1 < \Delta S_2 \quad (1)$$

$$\frac{\Delta S_1}{V_1} > \frac{\Delta S_2}{V_2} \quad (4)$$

$$\Delta S_1 > \Delta S_2 \quad (3)$$

۵۲- تابع توزیع سرعت برای مجموعه‌ای از ذرات به شکل  $f(v) = \frac{v}{v_0} e^{-\frac{v}{v_0}}$  است که در آن  $v_0$  مقدار ثابتی

است. ریشه میانگین مربعی سرعت ذرات این سیستم  $v_{rms}$ ، کدام است؟

(۱)  $\sqrt{6} v_0$

(۲)  $\sqrt{3} v_0$

(۳)  $\sqrt{2} v_0$

(۴)  $2v_0$

۵۳- سیستمی با دو تراز انرژی، که اختلاف آنها برابر با  $\epsilon$  است. در نظر بگیرید. این ترازهای انرژی، در دمای مطلق  $T$  توسط  $N$  ذره کلاسیک اشغال شده‌اند. ظرفیت گرمایی هر مول از این ذرات در دماهای بسیار کم کدام

است؟  $\beta = \frac{1}{k_B T}$  و  $k_B$  ثابت بولتزمن است.  $R$  نیز ثابت عمومی گازهاست.

(۱)  $R\beta \epsilon e^{-R\beta \epsilon}$

(۲)  $R\beta e^{-\beta \epsilon}$

(۳)  $R\beta \epsilon (1 - e^{-\beta \epsilon})$

(۴)  $R\beta \epsilon (1 + e^{-\beta \epsilon})$

۵۴- انرژی آزاد سیستمی متشکل از  $N$  نوسانگر یک بعدی تمیزپذیر، با بسامد ارتعاشی  $\omega$ ، کدام است؟

(۱)  $F = Nk_B T$

(۲)  $F = -Nk_B T \ln \left( \frac{k_B T}{h\omega} \right)$

(۳)  $F = -Nk_B T \left( 1 + \ln \frac{k_B T}{h\omega} \right)$

(۴)  $F = Nk_B T \left( 1 - \ln \frac{k_B T}{h\omega} \right)$

۵۵- اگر  $\vec{A}$  برداری ثابت و  $\vec{r}$  بردار مکان باشد، حاصل عبارت  $\vec{\nabla}(\vec{A} \cdot \vec{r})$  کدام است؟

(۱)  $\vec{A}$

(۲)  $|\vec{A}| \vec{r}$

(۳)  $2\vec{A}$

(۴)  $3|\vec{A}| \vec{r}$

۵۶- جواب کلی معادله دیفرانسیل با مشتقات جزئی زیر را بر حسب تابع دلخواه  $f$  به کدام صورت می‌توان نوشت؟

$\frac{\partial \phi}{\partial x} + \frac{\partial \phi}{\partial y} + (x+y)\phi = 0$

(۱)  $\phi(x, y) = e^{-xy} f(x+y)$

(۲)  $\phi(x, y) = e^{+xy} f(x-y)$

(۳)  $\phi(x, y) = e^{-xy} f(x-y)$

(۴)  $\phi(x, y) = e^{+xy} f(x+y)$

۵۷- اگر  $A_1$  و  $A_2$  و  $A_3$  سه مؤلفه از بردار  $\vec{A}$  باشند و متریک فضا به شکل  $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$  باشد، اندازه

بردار  $\vec{A}$  کدام است؟

(۱)  $\sqrt{A_1^2 + (A_2 A_3)^2}$

(۲)  $\sqrt{A_1^2 + A_2 A_3}$

(۳)  $\sqrt{A_1^2 + (A_2^2 + A_3^2)}$

(۴)  $\sqrt{A_1^2 + 2A_2 A_3}$

۵۸- معادله پارامتری مسیر ذره‌ای به شکل زیر است:

$x = a \cos \theta$  و  $y = a \sin \theta$  و  $z = b\theta$

$a$  و  $b$  مقادیر ثابتی هستند. بردار یک مماس بر مسیر، در نقطه  $\theta = \frac{\pi}{2}$ ، کدام است؟

(۱)  $\frac{-a\hat{j} - b\hat{k}}{\sqrt{a^2 + b^2}}$

(۲)  $\frac{-a\hat{j} + b\hat{k}}{\sqrt{a^2 + b^2}}$

(۳)  $\frac{a\hat{j} - b\hat{k}}{\sqrt{a^2 + b^2}}$

(۴)  $\frac{a\hat{j} + b\hat{k}}{\sqrt{a^2 + b^2}}$

۵۹- نمایش قطری شده ماتریس  $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$  کدام است؟

(۲)  $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \sqrt{2} & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$

(۱)  $\begin{pmatrix} \sqrt{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\sqrt{2} \end{pmatrix}$

(۴)  $\begin{pmatrix} \sqrt{2} & 0 & 0 \\ 0 & -\sqrt{2} & 0 \\ 0 & 0 & \sqrt{2} \end{pmatrix}$

(۳)  $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$

۶۰- اگر  $A = \begin{pmatrix} 0 & 2 \\ 2 & 0 \end{pmatrix}$ ، آنگاه  $e^{\frac{i\pi A}{6}}$  کدام است؟

(۲)  $\frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & \sqrt{3}i \\ \sqrt{3}i & -1 \end{pmatrix}$

(۱)  $\frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & -\sqrt{3}i \\ -\sqrt{3}i & +1 \end{pmatrix}$

(۴)  $\frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & \sqrt{3}i \\ \sqrt{3}i & 1 \end{pmatrix}$

(۳)  $\frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & -\sqrt{3}i \\ \sqrt{3}i & 1 \end{pmatrix}$

۶۱- اگر  $f(x)$  یک تابع زوج باشد حاصل انتگرال  $\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \delta(x^2 - 2) dx$ ، کدام است؟

(۱)  $\frac{f(2)}{\sqrt{2}}$

(۲)  $\frac{f(\sqrt{2})}{\sqrt{2}}$

(۳)  $\frac{f(\sqrt{2})}{2}$

(۴)  $f(\sqrt{2})$

۶۲- تابع  $f(x, y) = 3x - y + 5 + i(ax + by - 2)$  مفروض است.  $a$  و  $b$  مقادیر ثابتی هستند. اگر این تابع همه جا تحلیلی باشد، حاصل  $b - a$ ، کدام است؟

(۱)  $-4$

(۲)  $-2$

(۳)  $2$

(۴)  $4$

۶۳-  $A$  و  $B$  عملگرهایی در فضای برداری با بعد متناهی هستند. کدام عبارت نادرست است؟

(۱)  $\det(A + B) = \det A + \det B$

(۲)  $\det(AB) = \det A + \det B$

(۳)  $\text{tr}(AB) = \text{tr}(BA)$

(۴)  $\text{tr}(A + B) = \text{tr}(A) + \text{tr}(B)$

۶۴- حاصل انتگرال  $\oint_C \frac{e^z dz}{z^4 + 5z^3}$  روی دایره  $|z| = 2$ ، کدام است؟

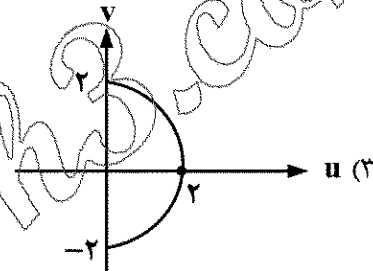
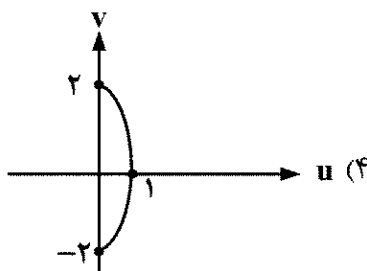
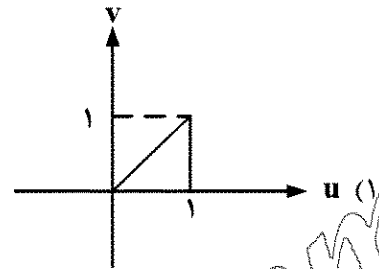
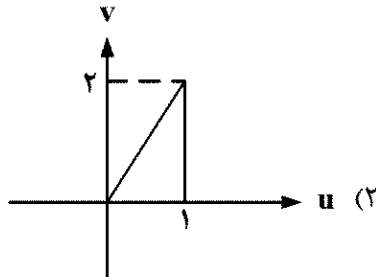
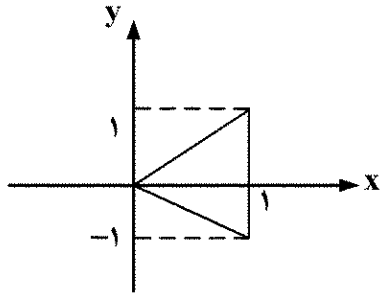
(۱)  $\frac{7\pi i}{25}$

(۲)  $\frac{7\pi i}{25}$

(۳)  $\frac{17\pi i}{125}$

(۴)  $\frac{17\pi i}{125}$

۶۵- شکل روبه‌رو تحت نگاشت  $f(z) = z^2$ ، به کدام شکل تبدیل می‌شود؟



دروس تخصصی ۲ (مکانیک کلاسیک (۱ و ۲)، الکترومغناطیس (۱ و ۲)، مکانیک کوانتومی (۱ و ۲)):

۶۶- به ذره‌ای به جرم ۲ کیلوگرم، نیروی  $\vec{F} = 4\hat{i} + 2\hat{j}$  (بر حسب نیوتن)، وارد می‌شود. اگر در لحظه  $t=0$  این ذره در مکان  $\vec{r} = 3\hat{i} + 2\hat{j}$  (بر حسب متر) و سرعت آن  $\vec{v} = \hat{i} - 2\hat{j}$  (بر حسب متر بر ثانیه) باشد، فاصله آن تا مبدأ مختصات در لحظه  $t=2$  ثانیه، چند متر است؟

- (۱) ۶
- (۲) ۸
- (۳) ۹
- (۴) ۱۲

۶۷- ذره‌ای با سرعت وابسته به مکان  $v = \sqrt{ax}$ ، بر روی محور x حرکت می‌کند، که در آن  $a = 2 \frac{m}{s^2}$  است. اگر

در لحظه  $t=0$ ، این ذره در مبدأ مختصات باشد، سرعت ذره در لحظه  $t=5s$  چند متر بر ثانیه است؟

- (۱) ۵
- (۲)  $\frac{5}{2}$
- (۳) ۱۰
- (۴)  $2\sqrt{5}$



۶۸- ذره‌ای بر روی محور  $x$  بین نقاط  $x_1 = 4 \text{ cm}$  و  $x_2 = 7 \text{ cm}$ ، حرکت نوسانی ساده انجام می‌دهد. اگر سرعت این ذره در نقطه‌ی وسط  $x_1$  و  $x_2$  برابر با ۲ سانتی‌متر بر ثانیه باشد، زمان یک نوسان کامل چند ثانیه است؟

(۱)  $\frac{2}{3}\pi$

(۲)  $\frac{3}{2}\pi$

(۳)  $2\pi$

(۴)  $\frac{1}{2}\pi$

۶۹- ذره‌ای به جرم یک کیلوگرم بر روی محور  $x$  حرکت می‌کند. به این ذره نیروی وابسته به مکان  $F = -\frac{A}{x^3}$  وارد می‌شود.  $x$  فاصله ذره از مبدأ مختصات است و  $A = 4 \text{ N.m}^3$ . اگر این ذره از نقطه  $x = 6 \text{ m}$  از حال سکون رها شود، بعد از چند ثانیه به مبدأ مختصات می‌رسد؟

(۱) ۲۴

(۲) ۱۸

(۳) ۱۲

(۴) ۶

۷۰- گلوله‌ای به جرم  $m_1 = M$  با سرعت  $v_0$  به گلوله دیگری به جرم  $m_2 = \alpha M$  که در همان جهت با سرعت  $\frac{v_0}{\alpha}$  در حرکت است، برخورد می‌کند.  $\alpha$  یک عدد ثابت بزرگتر از یک است. اگر گلوله اول، بعد از برخورد، ساکن شود، ضریب جهندگی این دو گلوله کدام است؟

(۱)  $\frac{2}{\alpha - 1}$

(۲)  $\frac{\alpha - 1}{\alpha + 1}$

(۳)  $\frac{\alpha + 1}{\alpha - 1}$

(۴)  $\frac{2\alpha}{\alpha - 1}$

۷۱- جسمی به جرم  $m$  از ارتفاع  $h$  نسبت به سطح زمین، بدون سرعت اولیه، رها می‌شود. اگر مقاومت هوا  $F = -mkv$  باشد ( $k$  یک ثابت مثبت و  $v$  سرعت جسم در هر لحظه است)، مکان ذره در هر لحظه کدام است؟

(۱)  $h - \frac{g}{k}te^{-kt}$

(۲)  $h - \frac{g}{k}t(1 - e^{-kt})$

(۳)  $h - \frac{g}{k}t + \frac{g(1 - e^{-kt})}{k^2}$

(۴)  $h + \frac{g}{k}t - \frac{g(1 - e^{-kt})}{k^2}$

۷۲- میله یکنواختی به طول  $L$  و جرم  $M$ ، از یک سر به محور افقی بدون اصطکاک لولا شده است و می تواند در صفحه قائم آزادانه، حول این محور بچرخد. گلوله ای به جرم  $m = \frac{M}{3}$  به طور افقی با سرعت  $v$  به وسط میله شلیک می شود. گلوله در میله فرو می رود و مجموعه با هم حرکت می کنند. سرعت زاویه ای دوران میله درست بعد از برخورد کدام است؟

$$\frac{v}{4L} \quad (۱)$$

$$\frac{v}{6L} \quad (۲)$$

$$\frac{2v}{3L} \quad (۳)$$

$$\frac{2v}{5L} \quad (۴)$$

۷۳- ذره ای به جرم  $m$  در یک بُعد در انرژی پتانسیل  $U = \frac{a}{x^2} - \frac{b}{x}$  حرکت می کند ( $a$  و  $b$  ثابت های مثبت هستند). بسامد زاویه ای نوسان های کوچک، حول نقطه ی تعادل، کدام است؟

$$\omega = \frac{b^2}{2a\sqrt{2ma}} \quad (۱)$$

$$\omega = \frac{b^2}{a\sqrt{3ma}} \quad (۲)$$

$$\omega = \frac{b^2}{a\sqrt{6ma}} \quad (۳)$$

$$\omega = \frac{b^2}{2a\sqrt{ma}} \quad (۴)$$

۷۴- انرژی جنبشی ذره ای در مختصات کروی به شکل  $T = \frac{1}{2}mb^2\dot{\theta}^2 + \frac{1}{2}mb^2\sin^2\theta\dot{\phi}^2$  است ( $b$  مقدار ثابتی است). انرژی پتانسیل ذره نیز  $U(\theta, \phi)$  است. هامیلتونی ذره کدام است؟ ( $p_\phi$  و  $p_\theta$  مؤلفه های تکانه ذره هستند).

$$\frac{p_\theta^2}{2mb^2} + \frac{p_\phi^2}{2mb^2\sin^2\theta} + U(\theta, \phi) \quad (۱)$$

$$\frac{p_\theta^2\sin^2\theta}{2mb^2} + \frac{p_\phi^2}{2mb^2} + U(\theta, \phi) \quad (۲)$$

$$\frac{p_\theta^2}{2mb^2} + \frac{p_\phi^2\sin^2\theta}{2mb^2} + U(\theta, \phi) \quad (۳)$$

$$\frac{p_\theta^2}{2mb^2\sin^2\theta} + \frac{p_\phi^2}{2mb^2} + U(\theta, \phi) \quad (۴)$$

۷۵- ذره‌ای در یک نیروی مرکزی حرکت می‌کند. معادله مسیر آن  $\frac{1}{r} = A \cos \theta + B$  است. (A و B مقادیر ثابتی هستند). شکل نیروی مرکزی کدام است؟ ( $\alpha$  و  $\beta$  و  $\gamma$  مقادیر ثابتی هستند).

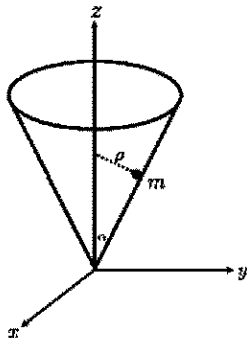
$$f = \frac{\alpha}{r^\Delta} + \frac{\beta}{r^\gamma} \quad (۱)$$

$$f = \frac{\alpha}{r^\Delta} + \frac{\beta}{r^\Delta} + \frac{\gamma}{r^\Delta} \quad (۲)$$

$$f = \frac{\alpha}{r^\Delta} + \frac{\beta}{r^\gamma} + \frac{\gamma}{r^\gamma} \quad (۳)$$

$$f = \frac{\alpha}{r^\gamma} + \frac{\beta}{r^\gamma} \quad (۴)$$

۷۶- ذره‌ای به جرم m بر سطح داخلی مخروط وارونی با زاویه رأس  $\alpha$ ، مطابق شکل، حرکت می‌کند. لاگرانژی این ذره کدام است؟ ( $\rho$  فاصله شعاعی تا محور Z و  $\phi$  زاویه سمتی چرخش حول محور Z است).



$$\frac{1}{2} m \left( \frac{\dot{\rho}^2}{\sin^2 \alpha} + \rho^2 \dot{\phi}^2 \right) - \frac{mg\rho}{\tan \alpha} \quad (۱)$$

$$\frac{1}{2} m (\dot{\rho}^2 + \rho^2 \sin^2 \alpha \dot{\phi}^2) - \frac{mg\rho}{\tan \alpha} \quad (۲)$$

$$\frac{1}{2} m \left( \frac{\dot{\rho}^2}{\sin^2 \alpha} + \rho^2 \dot{\phi}^2 \right) - mg\rho \cos \alpha \quad (۳)$$

$$\frac{1}{2} m (\dot{\rho}^2 + \rho^2 \sin^2 \alpha \dot{\phi}^2) - mg\rho \cos \alpha \quad (۴)$$

۷۷- سیاره‌ای به جرم m بر روی مسیر بیضوی به دور یک ستاره سنگین می‌چرخد. قطر بزرگ بیضی برابر با  $2a$  است. نزدیک‌ترین فاصله بین سیاره و ستاره، برابر با  $\frac{a}{6}$  است. اگر سرعت سیاره در نقطه‌ی حضیض (نزدیک‌ترین فاصله تا ستاره) برابر با  $v_1$  و سرعت سیاره در نقطه‌ی اوج (دورترین فاصله از ستاره) برابر با  $v_2$  باشد، نسبت  $\frac{v_1}{v_2}$  کدام است؟

$$۶ \quad (۱)$$

$$۹ \quad (۲)$$

$$۱۱ \quad (۳)$$

$$۱۲ \quad (۴)$$

۷۸- معادله حرکت یک نوسانگر میرا  $x(t) = A e^{-\frac{\omega}{2}t} \cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\omega t\right)$  است. نسبت دامنه حرکت بعد از گذشت یک زمان تناوب از آغاز حرکت، به دامنه حرکت در لحظه  $t=0$ ، کدام است؟ (A و  $\omega$  مقادیر ثابتی هستند).

$$e^{-\frac{2\pi}{\sqrt{3}}} \quad (۲)$$

$$e^{-1} \quad (۱)$$

$$e^{-\frac{\sqrt{3}\pi}{2}} \quad (۴)$$

$$e^{-2\pi} \quad (۳)$$

۷۹- میدان برداری  $\vec{F} = (axy + bz)\hat{i} + (x^2 - cz^2)\hat{j} + (3x - yz)\hat{k}$  که در آن  $a$ ،  $b$  و  $c$  مقادیر ثابتی هستند، یک میدان غیر چرخشی است. واگرایی این میدان در نقطه  $(-1, 3, 2)$  کدام است؟

- (۱) -۱  
(۲) ۲  
(۳) ۳  
(۴) ۶

۸۰- میدان الکتریکی با رابطه‌ی  $\vec{E} = \frac{6x^2y}{\epsilon_0}\hat{i} + \frac{3x^2}{\epsilon_0}\hat{j}$  (بر حسب نیوتون بر کولن) داده شده است. کل بار الکتریکی موجود در ناحیه  $0 < x < 10 \text{ cm}$ ،  $0 < y < 10 \text{ cm}$  و  $0 < z < 10 \text{ cm}$  چند میکروکولن است؟ ( $\epsilon_0$  ضریب گذردهی خلأ است).

- (۱) ۱۸  
(۲) ۲۶  
(۳) ۲۵  
(۴) ۳۰

۸۱- بر روی سطح کره‌ای که مرکز آن بر مبدأ مختصات منطبق است، پتانسیل الکتریکی به شکل  $\Phi = \Phi_0 \cos^2 \theta$  است.  $\theta$  زاویه قطبی در دستگاه مختصات کروی و  $\Phi_0 = 6 \text{ V}$  است. پتانسیل الکتریکی در مرکز کره چند کولن است؟

- (۱) ۲  
(۲)  $2\pi$   
(۳) ۴  
(۴) ۴

۸۲- میدان الکتریکی ناشی از یک توزیع بار با تقارن کروی، به شکل  $\vec{E} = \alpha \left(1 - e^{-\frac{r}{\beta}}\right) \frac{\vec{r}}{r^3}$  است. بار الکتریکی محبوس در کره‌ای به مرکز مبدأ مختصات و شعاع  $\beta$  کدام است؟ ( $\alpha$  و  $\beta$  مقادیر ثابتی هستند و  $r$  فاصله‌ی هر نقطه تا مبدأ مختصات است).

- (۱)  $4\pi\epsilon_0\alpha\left(\frac{e+1}{e}\right)$   
(۲)  $4\pi\epsilon_0\alpha\left(\frac{e-1}{e}\right)$   
(۳)  $2\pi\epsilon_0\alpha\left(\frac{2e+1}{e}\right)$   
(۴)  $2\pi\epsilon_0\alpha\left(\frac{2e-1}{e}\right)$

۸۳- یک صفحه رسانای نامتناهی منطبق بر صفحه  $z = 0$  در پتانسیل الکتریکی صفر قرار دارد. در بالای این صفحه، بار الکتریکی نقطه‌ای  $+q$  در نقطه  $(0, 0, h)$  و بار نقطه‌ای  $-q$  در نقطه  $(0, 0, 2h)$  قرار دارند. اندازه نیروی وارد بر  $+q$  چند برابر اندازه نیروی وارد بر بار  $-q$  است؟

$$\frac{65}{86} \quad (1)$$

$$\frac{87}{104} \quad (2)$$

$$\frac{125}{112} \quad (3)$$

$$\frac{137}{124} \quad (4)$$

۸۴- یک دوقطبی الکتریکی نقطه‌ای با گشتاور دوقطبی  $\vec{p} = p\hat{k}$  در مبدأ مختصات قرار دارد. پتانسیل الکتریکی ناشی از این دوقطبی، در نقطه‌ای با مختصات  $(r, \theta, \phi)$  (در دستگاه مختصات کروی) کدام است؟

$$\frac{p \cos \theta \sin \phi}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (2)$$

$$\frac{p \cos \phi}{4\pi\epsilon_0 r^2 \sin^2 \theta} \quad (1)$$

$$\frac{p \cos^2 \theta}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (4)$$

$$\frac{p \cos \theta}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (3)$$

۸۵- درون کره‌ای به شعاع  $R$  بار الکتریکی  $Q$  به طور یکنواخت توزیع شده است. خود - انرژی این توزیع بار، کدام است؟

$$\frac{\Delta Q^2}{8\pi\epsilon_0 R} \quad (1)$$

$$\frac{3Q^2}{20\pi\epsilon_0 R} \quad (2)$$

$$\frac{4Q^2}{15\pi\epsilon_0 R} \quad (3)$$

$$\frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 R} \quad (4)$$

۸۶- درون استوانه بسیار درازی به شعاع  $R$  بار الکتریکی با چگالی حجمی یکنواخت  $\rho$  توزیع شده است. محور استوانه منطبق بر محور  $Z$  است. این استوانه حول محورش با سرعت زاویه‌ای  $\omega$  می‌چرخد. میدان مغناطیسی

$\vec{H}$  در فاصله  $\frac{R}{4}$  از محور  $Z$ ، کدام است؟

$$\frac{3\rho_0 \omega R^2}{8} \hat{k} \quad (2)$$

$$\frac{\Delta \rho_0 \omega R^2}{16} \hat{k} \quad (1)$$

$$\frac{\Delta \rho_0 \omega R^2}{24} \hat{k} \quad (4)$$

$$\frac{15\rho_0 \omega R^2}{32} \hat{k} \quad (3)$$

۸۷- ذره‌ای با بار الکتریکی  $q$  بر روی یک مسیر دایره‌ای به شعاع  $R$  با تندی ثابت  $v$  حرکت می‌کند. میدان مغناطیسی در مرکز دایره کدام است؟

(۱)  $\frac{\mu_0 qv}{4\pi R^2}$

(۲)  $\frac{\mu_0 qv}{R^2}$

(۳)  $\frac{\mu_0 qv}{\pi R^2}$

(۴)  $\frac{2\mu_0 qv}{R^2}$

۸۸- میدان مغناطیسی  $\vec{H}$  درون یک کره مغناطیده به شعاع  $R$  و مغناطش  $\vec{M} = M_0 \hat{k}$ ، کدام است؟ ( $M_0$  مقدار ثابتی است.)

(۱)  $\frac{1}{3} \vec{M}$

(۲)  $-\frac{1}{3} \vec{M}$

(۳)  $\frac{2}{3} \vec{M}$

(۴)  $-\frac{2}{3} \vec{M}$

۸۹- فرض کنید یک میدان مغناطیسی یکنواخت  $\vec{B} = B_0 \hat{j}$ ، موازی با محور  $y$  برقرار کرده‌ایم. ناحیه  $0 \leq z \leq 1 \text{ cm}$  را از ماده‌ای پر می‌کنیم که ضریب تراوایی آن  $\frac{2}{3}$  برابر ضریب تراوایی خلأ است. بردار مغناطش  $\vec{M}$  در این ماده کدام است؟ ( $\mu_0$  ضریب تراوایی خلأ است.)

(۱)  $\frac{3B_0}{\mu_0} \hat{k}$

(۲)  $\frac{2B_0}{\mu_0} \hat{k}$

(۳)  $\frac{3B_0}{\mu_0} \hat{j}$

(۴)  $\frac{2B_0}{\mu_0} \hat{j}$

۹۰- پتانسیل برداری مغناطیسی با رابطه  $\vec{A}(\vec{r}) = 10 \frac{\vec{r}}{r^3} + \frac{1}{2} \vec{F} \times \vec{r}$  داده شده است که در آن  $\vec{F}$  برداری ثابت و

$\vec{r}$  بردار مکان است. میدان مغناطیسی  $\vec{B}$ ، متناظر با این پتانسیل مغناطیسی، کدام است؟

(۱)  $-\vec{F}$

(۲)  $30 \frac{\vec{r}}{r^4} + \vec{F}$

(۳)  $\vec{F}$

(۴)  $30 \frac{\vec{r}}{r^4} - \vec{F}$

۹۱- یک موج الکترومغناطیسی تکفام در خلأ منتشر می شود. میدان الکتریکی این موج به شکل زیر است:

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = E_0 \hat{k} \cos(\alpha x + \beta y - \omega t)$$

که در آن  $E_0, \alpha, \beta$  و  $\omega$  مقادیر ثابتی هستند. بردار پوئین تینگ این موج کدام است؟ (c سرعت نور در خلأ و  $\mu_0$  ضریب تراوایی خلأ است).

$$\frac{E_0}{\mu_0 \omega} (\alpha \hat{i} + \beta \hat{j}) \cos^2(\alpha x + \beta y - \omega t) \quad (۱)$$

$$\frac{E_0}{\mu_0 c} \left( \frac{\alpha \hat{i} + \beta \hat{j}}{\alpha + \beta} \right) \cos^2(\alpha x + \beta y - \omega t) \quad (۲)$$

$$\frac{E_0}{\mu_0 \omega} (\alpha \hat{i} + \beta \hat{j}) \cos(\alpha x + \beta y - \omega t) \sin(\alpha x + \beta y - \omega t) \quad (۳)$$

$$\frac{E_0}{\mu_0 c} \left( \frac{\alpha \hat{i} + \beta \hat{j}}{\alpha + \beta} \right) \cos(\alpha x + \beta y - \omega t) \sin(\alpha x + \beta y - \omega t) \quad (۴)$$

۹۲- یک موج الکترومغناطیسی با قطبش s از هوا بر سطح دی الکتریکی با ضریب شکست  $\frac{4}{3}$  تابانده می شود. اگر زاویه تابش با زاویه بروستر برابر باشد، ضریب بازتاب  $R_s$  تقریباً چند درصد است؟

(۱) ۸

(۲) ۱۴

(۳) ۹

(۴) ۱۶

۹۳- میدان الکتریکی یک موج الکترومغناطیسی، که در خلأ منتشر می شود به شکل زیر است:

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = \delta \hat{j} \cos(3x + \sqrt{3}z - \omega t)$$

این موج، بر سطح یک تیغه دی الکتریک با ضریب شکست  $1/5$  که فضای  $z \geq 0$  را اشغال کرده است، فرود می آید. بسامد زاویه ای این موج و زاویه شکست (زاویه ای که بردار انتشار موج عبوری در دی الکتریک با محور Z می سازد)، به ترتیب برابرند با .....

$$\sin^{-1}\left(\frac{\sqrt{3}}{3}\right) \text{ و } 6\sqrt{3} \times 10^8 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (۱)$$

$$\sin^{-1}\left(\frac{1}{3}\right) \text{ و } 6\sqrt{3} \times 10^8 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (۲)$$

$$\sin^{-1}\left(\frac{1}{3}\right) \text{ و } 2\sqrt{3} \times 10^8 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (۳)$$

$$\sin^{-1}\left(\frac{\sqrt{3}}{3}\right) \text{ و } 2\sqrt{3} \times 10^8 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (۴)$$

۹۴- سه ذره یکسان، در چاه پتانسیل یک بُعدی نامتناهی به عرض  $a$  قرار دارند. اگر این سه ذره بوزون باشند، انرژی حالت پایه آنها برابر با  $E_1$  است و اگر این سه ذره فرمیون باشند، انرژی حالت پایه آنها برابر با  $E_7$  است.  $E_7 - E_1$  کدام است؟

(۱) صفر

(۲)  $\frac{3\hbar^2\pi^2}{2ma^2}$

(۳)  $\frac{\hbar^2\pi^2}{2ma^2}$

(۴)  $\frac{\hbar^2\pi^2}{ma^2}$

۹۵- ذره‌ای به جرم  $m$  در فاصله‌ی  $0 < x < a$  محبوس است. تابع موج این ذره

$\Psi(x) = \sqrt{\frac{\lambda}{\Delta a}} \left( 1 + \cos \frac{\pi x}{a} \right) \sin \frac{\pi x}{a}$  است. مقدار چشم‌داشتی انرژی این ذره  $\langle \Psi | H | \Psi \rangle$ ، کدام است؟

(۱)  $\frac{\hbar^2\pi^2}{2ma^2}$

(۲)  $\frac{2\hbar^2\pi^2}{\Delta ma^2}$

(۳)  $\frac{\lambda\hbar^2\pi^2}{\Delta ma^2}$

(۴)  $\frac{4\hbar^2\pi^2}{\Delta ma^2}$

۹۶- عدم قطعیت در مکان یک نوسانگر هماهنگ، در یکی از حالت‌های برانگیخته‌اش، برابر با  $\sqrt{\frac{\Delta\hbar}{2m\omega}}$  است.

عدم قطعیت در تکانه این ذره، در این حالت برانگیخته، کدام است؟

(۱)  $\sqrt{\Delta\hbar m\omega}$

(۲)  $\sqrt{\frac{\Delta\hbar m\omega}{2}}$

(۳)  $\sqrt{\frac{2\hbar m\omega}{\Delta}}$

(۴)  $\sqrt{\frac{\hbar m\omega}{\Delta}}$



۹۷- ذره‌ای به جرم  $m$  در چاه پتانسیل یک بعدی  $V(x) = -a\delta(x)$  قرار دارد.  $a$  یک ثابت مثبت است. اگر احتمال یافتن ذره در بازه  $-x_0 < x < x_0$  برابر با  $\frac{1}{2}$  باشد، مقدار  $x_0$  کدام است؟

$$\frac{2\hbar^2}{3ma} \ln 2 \quad (1)$$

$$\frac{\hbar^2}{ma} \ln 2 \quad (2)$$

$$\frac{\hbar^2}{2ma} \ln 2 \quad (3)$$

$$\frac{3\hbar^2}{2ma} \ln 2 \quad (4)$$

۹۸- تابع موج الکترون در اتم هیدروژن، در لحظه  $t = 0$  به شکل زیر است:

$$\Psi(t=0) = \frac{1}{\sqrt{10}} (2\Psi_{100} + \Psi_{210} + \sqrt{2}\Psi_{211} + \sqrt{3}\Psi_{21-1})$$

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{ eV}$$

ویژه حالت‌های هامیلتونی الکترون در اتم هیدروژن با ویژه مقادیر انرژی  $\Psi_{nlm}$  ها، هستند. احتمال این که در لحظه  $t \neq 0$  الکترون در حالت  $\Psi_{211}$  باشد، کدام است؟

$$\frac{1}{5} \quad (1)$$

$$\frac{1}{2} \quad (2)$$

$$\frac{1}{5} \cos\left(\frac{E_2 t}{\hbar}\right) \quad (3)$$

$$\frac{1}{2} \cos\left(\frac{E_2 t}{\hbar}\right) \quad (4)$$

۹۹-  $\vec{A}(\vec{r}, t)$  و  $\vec{B} = \nabla \times \vec{A}$  میدان‌های برداری وابسته به مکان و زمان هستند. اگر  $\vec{p}$  تکانه ذره باشد و  $F = p_x - \alpha A_x$  و  $G = p_y - \alpha A_y$ ، جابه‌جاگر این دو عملگر،  $[F, G]$ ، کدام است؟ ( $\alpha$  مقدار ثابتی است).

$$-i\alpha\hbar B_z \quad (1)$$

$$i\alpha\hbar B_z \quad (2)$$

$$\alpha\hbar B_z \quad (3)$$

$$-\alpha\hbar B_z \quad (4)$$

۱۰۰- فرض کنید  $|\alpha\rangle$  و  $|\beta\rangle$  ویژه حالت های بهنجارند. اگر  $|\Psi\rangle = 3a|\alpha\rangle + 2i|\beta\rangle$  و  $|\Phi\rangle = 2|\alpha\rangle - |\beta\rangle$  متعامد باشند، ثابت  $a$  کدام است؟

(۱)  $-\frac{i}{3}$

(۲)  $-\frac{2i}{3}$

(۳)  $\frac{i}{3}$

(۴)  $\frac{2i}{3}$

۱۰۱- ذره ای به جرم  $m$  مقید است که در دو بعد حرکت کند. هامیلتونی این ذره به شکل زیر است:

$$H = \frac{p_x^2 + p_y^2}{2m} + \frac{1}{2}m\omega^2(x^2 + y^2)$$

اگر این ذره در حالتی با انرژی  $2\hbar\omega$  باشد، تبهگنی آن کدام است؟

(۱) ۱

(۲) ۲

(۳) ۳

(۴) ۴

۱۰۲- اگر  $\vec{L}$  بردار تکانه زاویه ای باشد، نتیجه جابه جایی زیر کدام است؟

$$[[[L_x, L_y], L_x], L_z]$$

(۱)  $i\hbar^2 L_z$

(۲)  $+i\hbar^2 L_x$

(۳)  $-i\hbar^2 L_y$

(۴)  $-i\hbar^2 L_x$

۱۰۳- سیستمی با تکانه زاویه ای کل ۱، در حالت  $\frac{1}{\sqrt{14}} \begin{pmatrix} -\sqrt{3} \\ 2\sqrt{2} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$  است. اگر مؤلفه  $x$  تکانه زاویه ای،  $J_x$ ، را اندازه گیری کنیم، احتمال این که نتیجه  $+\hbar$  به دست آید، کدام است؟

(۱)  $\frac{1}{7}$

(۲)  $\frac{2}{7}$

(۳)  $\frac{3}{7}$

(۴)  $\frac{4}{7}$

۱۰۴ - سیستمی متشکل از دو الکترون در نظر بگیرید به گونه‌ای که انرژی حالت منفرد سیستم برابر با  $-E$  و انرژی حالت سه گانه، برای اسپین  $s_z = +\hbar$  برابر با  $-\frac{E}{4}$  و برای اسپین  $s_z = 0$  برابر با  $-E$  و برای اسپین  $s_z = -\hbar$  برابر با  $-\frac{3E}{4}$  است. احتمال این که این سیستم در دمای  $T$  در حالت سه گانه باشد، کدام است؟

$$(۱) \frac{e^{\frac{E}{2k_B T}} + e^{\frac{E}{2k_B T}}}{1 + e^{\frac{E}{2k_B T}} + e^{\frac{E}{2k_B T}}}$$

$$(۲) \frac{e^{\frac{E}{2k_B T}} + e^{\frac{E}{2k_B T}}}{2 + e^{\frac{E}{2k_B T}} + e^{\frac{E}{2k_B T}}}$$

$$(۳) \frac{e^{\frac{E}{2k_B T}} + e^{\frac{E}{2k_B T}}}{2 + e^{\frac{E}{2k_B T}} + e^{\frac{E}{2k_B T}}}$$

$$(۴) \frac{2}{1 + e^{\frac{E}{2k_B T}} + e^{\frac{E}{2k_B T}}}$$

۱۰۵ - برای سیستمی متشکل از دو ذره، یکی با اسپین ۱ و دیگری با اسپین ۲، کدام مورد قابل قبول نیست؟

$$(۱) s = 3, m_s = 3$$

$$(۲) s = 1, m_s = 0$$

$$(۳) s = 2, m_s = 1$$

$$(۴) s = 0, m_s = 0$$