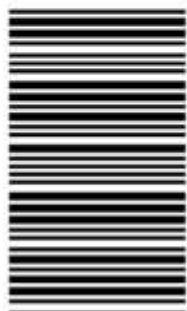


کد کنترل

132

F



132F

صبح پنجشنبه

۹۷/۲/۶



«اگر دانشگاه اصلاح شود مملکت اصلاح می‌شود.»  
امام خمینی (ره)

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

آزمون ورودی دوره‌های کارشناسی ارشد ناپیوسته داخل - سال ۱۳۹۷

مجموعه فیزیک - کد (۱۲۰۴)

مدت پاسخگویی: ۲۷۰ دقیقه

تعداد سؤال: ۱۱۰

عنوان مواد امتحانی، تعداد و شماره سؤالات

ردیف	مواد امتحانی	تعداد سؤال	از شماره	تا شماره
۱	زبان عمومی و تخصصی (انگلیسی)	۳۰	۱	۳۰
۲	دروس تخصصی ۱ (فیزیک پایه (۲.۱ و ۳)، فیزیک جدید، ترمودینامیک و مکانیک آماری، ریاضی فیزیک (۱ و ۲))	۴۰	۳۱	۷۰
۳	دروس تخصصی ۲ (مکانیک کلاسیک (۱ و ۲)، الکترومغناطیس (۱ و ۲)، مکانیک کوانتومی (۱ و ۲))	۴۰	۷۱	۱۱۰

استفاده از ماشین حساب مجاز نیست.

این آزمون نمره منفی دارد.

حل 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.

۱۳۹۷

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

اینجانب ..... با شماره داوطلبی ..... در جلسه این آزمون شرکت می‌نمایم.

امضا:

زبان عمومی و تخصصی (انگلیسی):

### PART A: Vocabulary

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

- 1- Fierce winds and deadly waves were only one ----- many explorers like Christopher Columbus confronted when sailing to unknown lands.  
1) suspension      2) obstacle      3) shortage      4) variation
- 2- In urban desert areas potable water supplies are stressed by increasing demands that leave water managers ----- to find new supplies.  
1) discouraging      2) refusing      3) invading      4) struggling
- 3- The sense of smell diminishes with advancing age—much more so than the sensitivity to taste. This ----- may result from an accumulated loss of sensory cells in the nose.  
1) decrease      2) merit      3) ambiguity      4) defense
- 4- True, all economic activities have environmental consequences. Nevertheless, the goal of shrimp producers should be to reduce the ----- effects on the environment as much as possible.  
1) indigenous      2) competitive      3) deleterious      4) imaginary
- 5- Like most successful politicians, she is pertinacious and single-minded in the ----- of her goals.  
1) pursuit      2) discipline      3) permanence      4) involvement
- 6- Knowing that everyone would ----- after graduation, she was worried that she would not see her friends anymore.  
1) emerge      2) conflict      3) differentiate      4) diverge
- 7- Certain mental functions slow down with age, but the brain ----- in ways that can keep seniors just as sharp as youngsters.  
1) composes      2) conveys      3) compensates      4) corrodes
- 8- It is argued by some that hypnosis is an effective intervention for ----- pain from cancer and other chronic conditions.  
1) displacing      2) alleviating      3) exploring      4) hiding
- 9- Children who get ----- atmosphere at home for studies perform better than students who are brought up under tense and indifferent family atmosphere.  
1) favorable      2) valid      3) obedient      4) traditional
- 10- The post office has promised to resume first class mail ----- to the area on Friday.  
1) attention      2) progress      3) expression      4) delivery

**PART B: Cloze Passage**

*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.*

Colette began painting while she was still in her youth. (11) ----- 1970, she completed her first performance with *Hommage a Delacroix*, (12) ----- was the beginning of an artistic career (13) ----- to the oneness of art and life. (14) -----, actions and performances on streets and public squares, followed by her "living environments" and the "windows", (15) ----- in a selected pose with an elaborate arrangement of fabrics and lace.

- 11- 1) Since the year  
2) During a year of  
3) For a year of  
4) In the year
- 12- 1) that it  
2) which  
3) that  
4) it
- 13- 1) devoted  
2) was devoted  
3) to devote  
4) devoting
- 14- 1) Street works then came  
2) Then came street works  
3) There coming then street works with  
4) With street works then to come
- 15- 1) she remained motionless  
2) that in there she remained motionless  
3) in which she remained motionless  
4) that in it motionless she remained

**PART C: Reading Comprehension:**

*Directions: Read the following two 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:**

Running through much of Weinberg's work has been the importance of symmetry. "Symmetry principles are principles governing the laws of nature that say those laws look the same if you change your point of view in certain ways. The classic example is Einstein's special theory of relativity, which was based on a principle of symmetry that says the laws of nature look the same no matter how you are moving, as long as you move at constant velocity. The kind of symmetry principle I've been involved in is the way the observer identifies the nature of different particles," Weinberg says.

The electroweak theory, linking electromagnetism and the weak interaction that controls nuclear decay, the theory that won Weinberg the Nobel Prize alongside Sheldon Glashow and Abdus Salam, brought these two passions together. "In 1967 I realized that by using these ideas of symmetry you could make a theory of the weak interaction in which it was very plausible that the infinities would cancel ... . What I didn't think of in advance was that it was a theory that unified the weak and the electromagnetic interactions, a step towards a more unified view of physics," Weinberg further added.

- 16- **What does the first paragraph mainly discuss?**  
 1) The effect produced by moving at constant velocity  
 2) Classic examples of the concept of symmetry  
 3) The significance of Einstein's theory of relativity  
 4) The importance of symmetry from Weinberg's point of view
- 17- **Which of the following statements is true?**  
 1) Weinberg is somehow against Einstein's theory of relativity.  
 2) Weinberg argues that people should not change their points of view in certain ways.  
 3) Einstein's theory of relativity is based on a principle of symmetry.  
 4) The symmetry Einstein had in mind was concerned with the way an observer would identify the nature of different particles.
- 18- **Which of the following statements is true?**  
 1) Weinberg won the Nobel Prize with two of his colleagues.  
 2) Weinberg proposed a more unified view of physics in the early 1960s.  
 3) Weinberg's new conceptualization of symmetry won him the Nobel Prize  
 4) Sheldon Glashow helped Weinberg criticize Einstein's theory of relativity.
- 19- **"These two passions" in paragraph 2 refers to -----.**  
 1) weak interaction and symmetry  
 2) nuclear decay and symmetry  
 3) nuclear decay and the electroweak theory  
 4) electromagnetism and weak interaction
- 20- **The word "plausible" in paragraph 2 is closest in meaning to -----.**  
 1) admirable            2) desirable            3) profitable            4) reasonable

### PASSAGE 2

Many physical systems exhibit simple harmonic motion (assuming no energy loss): an oscillating pendulum, the electrons in a wire carrying alternating current, the vibrating particles of the medium in a sound wave, and other assemblages involving relatively small oscillations about a position of stable equilibrium.

A specific example of a simple harmonic oscillator is the vibration of a mass attached to a vertical spring, the other end of which is fixed in a ceiling. At the maximum displacement  $-x$ , the spring is under its greatest tension, which forces the mass upward. At the maximum displacement  $+x$ , the spring reaches its greatest compression, which forces the mass back downward again. At either position of maximum displacement, the force is greatest and is directed toward the equilibrium position, the velocity ( $v$ ) of the mass is zero, its acceleration is at a maximum, and the mass changes direction. At the equilibrium position, the velocity is at its maximum and the acceleration ( $a$ ) has fallen to zero. Simple harmonic motion is characterized by this changing acceleration that always is directed toward the equilibrium position and is proportional to the displacement from the equilibrium position. Furthermore, the interval of time for each complete vibration is constant and does not depend on the size of the maximum displacement. In some form, therefore, simple harmonic motion is at the heart of timekeeping.

- 21- Which of the following examples of a simple harmonic motion has NOT been mentioned in the passage?
- 1) An oscillating pendulum
  - 2) A steel ball rolling in a curved dish
  - 3) The electrons in a wire carrying alternating current
  - 4) The vibrating particles of the medium in a sound wave
- 22- The word "which" in paragraph 2 refers to -----.
- 1) a mass
  - 2) a vertical spring
  - 3) a simple harmonic oscillator
  - 4) the vibration
- 23- At the maximum displacement -----.
- 1) +x, the spring reaches its greatest tension.
  - 2) -x, the spring forces the mass back downward.
  - 3) +x, the spring forces the mass back downward.
  - 4) -x, the spring reaches its greatest compression.
- 24- The word "its" in paragraph 2 refers to the -----.
- |             |                         |
|-------------|-------------------------|
| 1) velocity | 2) force                |
| 3) mass     | 4) equilibrium position |
- 25- What is simple harmonic motion characterized by?
- 1) Changing acceleration that always is directed toward the equilibrium position
  - 2) The interval of time for each complete vibration
  - 3) Proportionality of the maximum displacement
  - 4) The size of the maximum displacement

**PASSAGE 3:**

John Bardeen was the first person to have been awarded two Nobel Prizes in the same field. He shared one with William Shockley and Walter Brattain for the invention of the transistor. But it was the charismatic Shockley who garnered all the attention. Bardeen's second Nobel Prize was awarded for the development of a theory of superconductivity, a feat that had eluded the best efforts of leading theorists – including Albert Einstein, Neils Bohr, Werner Heisenberg, and Richard Feynman. Arguably, Bardeen's work changed the world in more ways than that of any other scientific genius of his time. Yet while every school child knows of Einstein, few people have heard of John Bardeen. Why is this the case?

Perhaps because Bardeen differs radically from the popular stereotype of genius. He was a modest, mumbling ordinary person who worked hard and had a knack for physics and mathematics. He liked to picnic with his family, collaborate quietly with colleagues, or play a round of golf. None of that was newsworthy, so the media, and consequently the public, ignored him.

John Bardeen simply fits a new profile of genius. Through an exploration of his science as well as his life, a fresh and thoroughly engaging portrait of genius and the nature of creativity emerges. This perspective will have readers looking anew at what it truly means to be a genius.

- 26- Which of the following statements can be understood from the passage about John Bardeen?
- 1) His second Nobel Prize was more important than his first.
  - 2) He shared his second Nobel Prize with two charismatic scientists.
  - 3) He is the only scientist who has been awarded the Nobel Prize twice.
  - 4) His second Nobel Prize had to do with the invention of the transistor.
- 27- The word "garnered" in paragraph 1 is closest in meaning to -----.
- 1) enacted
  - 2) converted
  - 3) diverted
  - 4) attracted
- 28- The passage refers to all of the following scientists EXCEPT -----.
- 1) Kip Thorne
  - 2) Werner Heisenberg
  - 3) Walter Brattain
  - 4) Richard Feynman
- 29- The word "that" in paragraph 1 refers to -----.
- 1) world
  - 2) work
  - 3) time
  - 4) genius
- 30- Why is John Bardeen NOT a famous scientist?
- 1) He was a humble person with an ordinary way of life.
  - 2) His relationship with his colleagues was falsely reported in media.
  - 3) He did not have a knack for physics and mathematics.
  - 4) He was not a true genius worth talking about.

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

- ۳۱- سه پرده موازی که فاصله بین هر دو پرده مجاور  $d$  است در نظر بگیرید. گلوله‌ای در جهت عمود بر پرده‌ها و در مجاورت با پرده اول به سمت پرده اول شلیک می‌شود. از نیروی گرانش صرف‌نظر کنید ولی حرکت در راستای افقی را کند شونده با شتاب ثابت در نظر بگیرید. اگر فاصله زمانی بین سوراخ شدن پرده‌های اول و دوم  $t_1$  و بین سوراخ شدن پرده‌های دوم و سوم  $t_2$  باشد، سرعت گلوله در لحظه سوراخ کردن پرده دوم کدام است؟

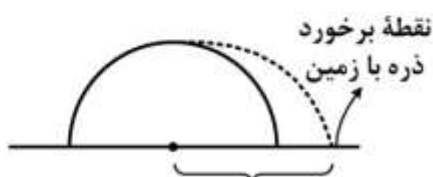
$$d \frac{t_1^2 + t_2^2}{t_1 t_2 (t_2 + t_1)} \quad (1)$$

$$\frac{d}{2} \frac{t_1^2 + t_2^2}{t_1 t_2 (t_2 + t_1)} \quad (2)$$

$$d \frac{t_1^2 + t_2^2}{t_1 t_2 (t_2 - t_1)} \quad (3)$$

$$\frac{d}{2} \frac{t_1^2 + t_2^2}{t_1 t_2 (t_2 - t_1)} \quad (4)$$

- ۳۲- ذره‌ای از بالاترین نقطه یک نیمکره ساکن بدون اصطکاک به شعاع  $27\text{cm}$  از حالت سکون شروع به حرکت می‌کند. فاصله نقطه برخورد ذره با زمین تا مرکز نیمکره چند سانتی‌متر است؟



$$(13\sqrt{5} + 4\sqrt{23}) \quad (1)$$

$$(5\sqrt{5} + 4\sqrt{23}) \quad (2)$$

$$(4\sqrt{23} - 5\sqrt{5}) \quad (3)$$

$$(13\sqrt{5} - 4\sqrt{23}) \quad (4)$$

۳۳- جسمی با سرعت  $kV_e$  به طور عمودی از سطح زمین به سمت بالا پرتاب می‌شود.  $V_e$  سرعت فرار و  $k < 1$  با صرف‌نظر از مقاومت هوا، بیشترین ارتفاعی که جسم نسبت به مرکز زمین به شعاع  $R$  بالا می‌رود چقدر است؟

$$\frac{R}{k^2} \quad (1)$$

$$\frac{R}{1-k^2} \quad (2)$$

$$\frac{R}{1-2k^2} \quad (3)$$

$$\frac{R}{1+k^2} \quad (4)$$

۳۴- گلوله‌ای بر روی یک سطح افقی بدون اصطکاک ساکن است. گلوله دومی (هم‌جرم با گلوله اولی) با سرعت  $V$  به سمت گلوله اول پرتاب می‌شود و پس از برخورد کشسان با آن، با سرعت  $\frac{V}{2}$  منحرف می‌شود. سرعت گلوله اول بعد از برخورد چقدر است؟

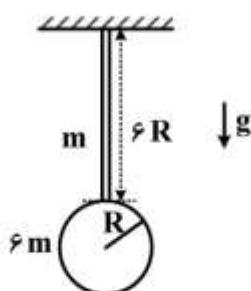
$$\frac{V}{2} \quad (1)$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2} V \quad (2)$$

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

$$\frac{\sqrt{3}}{4} V \quad (4)$$

۳۵- آونگ مرکبی متشکل از یک قرص یکنواخت به شعاع  $R$  و جرم  $6m$  مطابق شکل به میله‌ای یکنواخت به طول  $6R$  و جرم  $m$  متصل است و در میدان جاذبه زمین با دامنه کم نوسان می‌کند. دوره تناوب آونگ کدام است؟



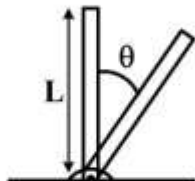
$$15/9 \sqrt{\frac{R}{g}} \quad (1)$$

$$11/7 \sqrt{\frac{R}{g}} \quad (2)$$

$$10/9 \sqrt{\frac{R}{g}} \quad (3)$$

$$16/6 \sqrt{\frac{R}{g}} \quad (4)$$

۳۶- یک سر میله نازکی به طول  $L$  در نقطه‌ای بر روی زمین لولا شده است. این میله از حالت قائم رها می‌شود و حول لولا دوران می‌کند. اصطکاک در محل لولا طوری است که شتاب زاویه‌ای میله بر حسب زاویه  $\theta$  که در هر لحظه با راستای قائم دارد  $\alpha = \alpha_0 \cos \theta$  است.  $\alpha_0$  مقداری ثابت است. اندازه شتاب خطی سر آزاد میله بر حسب  $\theta$  کدام است؟



$$L\alpha_0 \cos \theta \quad (1)$$

$$2L\alpha_0 \sin \theta \quad (2)$$

$$L\alpha_0 \sqrt{3 - 2 \cos^2 \theta} \quad (3)$$

$$L\alpha_0 \sqrt{1 + 2 \sin^2 \theta} \quad (4)$$

۳۷- گرمای ویژه یک ماده با دما به صورت  $c = 0.15 + 0.2T + 0.06T^2$  تغییر می‌کند که  $T$  بر حسب درجه سانتی‌گراد و  $c$  بر حسب  $\frac{\text{cal}}{\text{g.K}}$  است. مقدار انرژی لازم برای آنکه ۲ کیلوگرم از این ماده از دمای  $10^\circ\text{C}$  به  $20^\circ\text{C}$  رسانده شود

چند کیلوکالری است؟

$$125 \quad (1)$$

$$350 \quad (2)$$

$$370 \quad (3)$$

$$400 \quad (4)$$

۳۸- از یک لوله استوانه‌ای طویل به شعاع داخلی  $a$  و شعاع خارجی  $\beta a$  آب گرم به دمای  $T_2$  عبور می‌کند. ضریب رسانش گرمایی ماده‌ای که لوله از آن ساخته شده  $K$  است. اگر دمای هوای بیرون  $T_1$  ( $T_1 < T_2$ ) باشد، توان گرمایی تلف شده از واحد طول لوله کدام است؟

$$\left( \frac{2\pi K}{\ln \beta} \right) (T_2 - T_1) \quad (1)$$

$$(\pi K \ln \beta) (T_2 - T_1) \quad (2)$$

$$(2\pi K \ln \beta) (T_2 - T_1) \quad (3)$$

$$\left( \frac{\pi K}{\ln \beta} \right) (T_2 - T_1) \quad (4)$$

۳۹- یک کیلوگرم جیوه را در دمای ثابت  $300\text{K}$  به‌طور ایستاوار از فشار یک اتمسفر تا سه اتمسفر متراکم می‌کنیم. از تغییرات حجم و ضریب تراکم‌پذیری هم‌دما در این فرایند صرف‌نظر کنید کار انجام شده در این فرایند تقریباً چند

ژول است؟ (چگالی جیوه را  $\frac{13.6}{\text{cm}^3}$  و ضریب تراکم‌پذیری هم‌دمای جیوه را  $\frac{1}{3.7 \times 10^{-11} \text{Pa}}$  در نظر بگیرید.)

$$10^{-4} \quad (1)$$

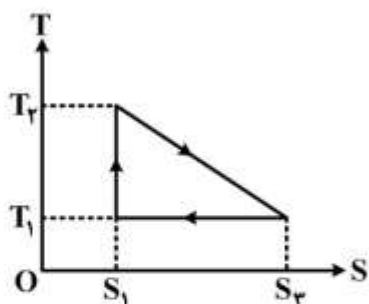
$$10^{-3} \quad (2)$$

$$10^{-1} \quad (3)$$

$$1 \quad (4)$$



۴۰- یک ماشین گرمایی چرخه‌ای را طی می‌کند که نمودار آن در صفحه  $T-S$  مطابق شکل است. بازده این ماشین کدام است؟



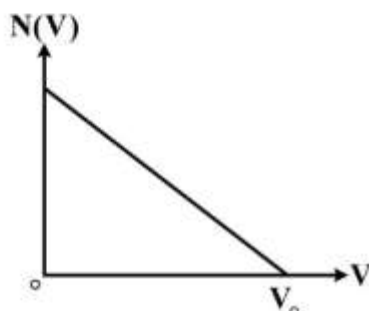
$$(1) \left( \frac{S_2 - S_1}{S_2 + S_1} \right)$$

$$(2) \left( \frac{T_2 - T_1}{T_2 + T_1} \right) \left( \frac{S_2 - S_1}{S_2 + S_1} \right)$$

$$(3) \left( \frac{T_2 - T_1}{T_2 + T_1} \right)$$

$$(4) \left( \frac{T_2 S_2 - T_1 S_1}{T_2 S_2 + T_1 S_1} \right)$$

۴۱- تابع توزیع اندازه سرعت یک گاز فرضی شامل  $N_0$  ذره در شکل نشان داده شده است، که  $0 \leq V \leq V_0$  است.  $V_{rms}$  ذرات این گاز کدام است؟



$$(1) \sqrt{\frac{N_0}{3}} V_0$$

$$(2) \frac{N_0}{6} V_0$$

$$(3) \sqrt{\frac{N_0}{6}} V_0$$

$$(4) \frac{N_0}{3} V_0$$

۴۲- کدام یک از روابط ماکسول نادرست است؟

$$(1) \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = - \left( \frac{\partial S}{\partial P} \right)_T$$

$$(2) \left( \frac{\partial P}{\partial T} \right)_V = \left( \frac{\partial S}{\partial V} \right)_T$$

$$(3) \left( \frac{\partial V}{\partial S} \right)_P = \left( \frac{\partial T}{\partial P} \right)_S$$

$$(4) \left( \frac{\partial P}{\partial S} \right)_V = \left( \frac{\partial T}{\partial V} \right)_S$$

۴۳- حداکثر تغییر آنتروپی هنگام گذار فاز یک جامد از حالت کاملاً فرومغناطیس (کاملاً منظم) به حالت کاملاً بی‌نظم

چقدر است؟ (جامد را متشکل از  $N$  ملکول یکسان هر یک با اسپین  $\frac{3}{4}$  در نظر بگیرید.)

(۱) صفر

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

$$(3) \frac{3}{2} Nk_B \ln \left( \frac{3}{2} \right)$$

$$(4) 2Nk_B \ln 3$$

۴۴- دستگاهی متشکل از دو اتم در نظر بگیرید. هر یک از اتم‌ها می‌توانند در یکی از چهار حالت انرژی  $\epsilon$ ،  $2\epsilon$  و  $3\epsilon$  باشند. دستگاه در تماس گرمایی با منبعی به دمای  $T$  است. نسبت تعداد میکروحالاتها وقتی دستگاه از آمار فرمی - دیراک پیروی می‌کند به تعداد میکروحالاتها وقتی که دستگاه از آمار بوز- انیشتین پیروی می‌کند کدام است؟ (برای ذرات اسپین در نظر نگیرید).

$$\frac{3}{5} \quad (1)$$

$$\frac{5}{3} \quad (2)$$

$$\frac{5}{2} \quad (3)$$

$$\frac{2}{5} \quad (4)$$

۴۵- پایین‌ترین تراز انرژی مولکول A دارای واگنی مرتبه سوم است. تراز بعدی واگنی دوگانه دارد و به اندازه  $\epsilon$  بالای پایین‌ترین تراز است. با فرض اینکه انرژی پایین‌ترین تراز صفر باشد، نسبت تابع پارش در دمای  $T_1 = \frac{\epsilon}{k_B}$  به تابع

پارش در دمای  $T_2 = \frac{2\epsilon}{k_B}$  کدام است؟

$$\frac{3 - 2e^{-1}}{-\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$\frac{3 - 2e^{-2}}{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$\frac{3 + 2e^{-1}}{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$\frac{3 + 2e^{-2}}{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

$$\frac{2 + 2e^{-1}}{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

$$\frac{2 - 2e^{-2}}{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

$$\frac{2 - 2e^{-1}}{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

۴۶- امواج زلزله درون زمین، هم به صورت امواج طولی (امواج P) و هم امواج عرضی (امواج S) انتشار می‌یابند. سرعت امواج S برابر  $4 \frac{\text{km}}{\text{s}}$  و سرعت امواج P برابر  $12 \frac{\text{km}}{\text{s}}$  است. یک زلزله‌نگار امواج P و S گسیل یافته از یک زلزله را ثبت می‌کند. اولین امواج P سه دقیقه قبل از رسیدن اولین امواج S دریافت می‌شوند. اگر امواج در مسیری مستقیم انتشار یافته باشند، فاصله مرکز زلزله تا محل زلزله‌نگار چند کیلومتر است؟

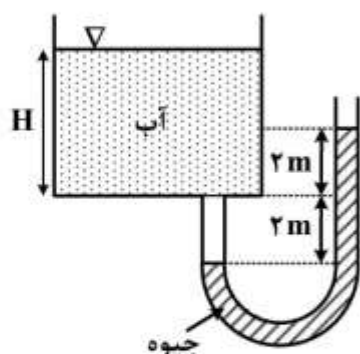
$$540 \quad (1)$$

$$1080 \quad (2)$$

$$1440 \quad (3)$$

$$2880 \quad (4)$$

۴۷- با توجه به شکل، ارتفاع آب در مخزن نشان داده شده چند متر است؟ (چگالی جیوه  $\frac{13}{6} \frac{g}{cm^3}$  است.)



(۱)  $25/2$

(۲)  $27/2$

(۳)  $52/4$

(۴)  $54/4$

۴۸- یک زنجیره خطی یک‌بعدی نامتناهی متشکل از بارهای  $+Q$  و  $-Q$  که به صورت یک در میان به فاصله  $R$  از هم

قرار گرفته‌اند، در نظر بگیرید. انرژی پتانسیل این مجموعه بار الکتریکی بر واحد بار چند برابر  $\frac{Q^2}{R}$  است؟

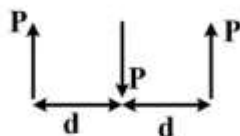
(۱)  $-\frac{\ln 2}{2\pi\epsilon_0}$

(۲)  $-\frac{\ln 2}{4\pi\epsilon_0}$

(۳)  $-\frac{1}{2\pi\epsilon_0}$

(۴)  $-\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

۴۹- سه دوقطبی الکتریکی یکسان مطابق شکل زیر در کنار هم قرار گرفته‌اند.  $P$  ممان هر دوقطبی و  $d$  فاصله دو دوقطبی مجاور هم است. اگر فاصله  $d$  بسیار بزرگتر از ابعاد دوقطبی‌ها باشد، انرژی الکتریکی این مجموعه کدام است؟



(۱)  $\frac{-15P^2}{64\pi\epsilon_0 d^3}$

(۲)  $\frac{15P^2}{32\pi\epsilon_0 d^3}$

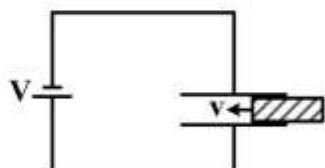
(۳)  $\frac{-15P^2}{32\pi\epsilon_0 d^3}$

(۴)  $\frac{15P^2}{64\pi\epsilon_0 d^3}$

۵۰- یک خازن تخت که هر یک از صفحات آن مربعی به مساحت  $A = 400 \text{ cm}^2$  و فاصله آن‌ها  $d = 2 \text{ cm}$  است و به ولتاژ  $V = 72 \text{ V}$  وصل شده‌اند. یک قطعه دی‌الکتریک با ثابت دی‌الکتریک  $K = 2$  و ضخامت  $d$  و مساحت سطح

$A$  با سرعت  $v = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  درون صفحات خازن رانده می‌شود. جریان الکتریکی در مدار چند میکروآمپر است؟

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \frac{\text{N.m}^2}{\text{C}^2}$$



(۱) صفر

(۲)  $\frac{0.2}{\pi}$ (۳)  $\frac{1}{\pi}$ (۴)  $\frac{20}{\pi}$ 

۵۱- بار الکتریکی  $Q$  در حجم یک کره عایق چنان توزیع شده است که چگالی حجمی آن  $\rho(r)$  متناسب با  $r$  فاصله از مرکز کره می‌باشد. نسبت عددی انرژی الکتروستاتیکی ذخیره شده در درون کره به انرژی الکتروستاتیکی ذخیره شده در بیرون کره کدام است؟

(۱)  $\frac{1}{5}$ (۲)  $\frac{3}{5}$ (۳)  $\frac{3}{7}$ (۴)  $\frac{1}{7}$ 

۵۲- در یک سیم رسانا با مقطع دایره‌ای به شعاع  $R = 2 \text{ mm}$  جریان الکتریکی در امتداد محور سیم با چگالی سطحی

غیریکنواخت  $\mathbf{J}(r) = (5 \times 10^6) r^2$  در جریان است که در آن  $r$  فاصله یک نقطه از محور سیم بر حسب متر و  $\mathbf{J}$

بر حسب  $\frac{\text{A}}{\text{m}^2}$  است. مقدار جریانی که در لایه خارجی سیم میان  $r = 0.8R$  تا  $r = R$  می‌گذرد تقریباً چند

نانوآمپر است؟

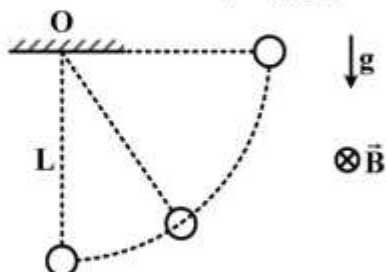
(۱) ۶۷

(۲) ۹۳

(۳) ۱۳۵

(۴) ۲۰۰

۵۳- گلوله کوچکی به جرم  $m$  و بار الکتریکی مثبت  $q$  توسط نخ نارسانای سبکی به طول  $L$  در نزدیکی سطح زمین از نقطه  $O$  آویزان شده است. در این ناحیه یک میدان مغناطیسی یکنواخت  $B$  موازی سطح زمین مطابق شکل وجود دارد. آونگ را از حالت تعادل خارج می‌کنیم تا جایی که نخ به صورت افقی درآید، سپس آن را از حال سکون رها می‌کنیم. وقتی که گلوله برای اولین بار از پایین‌ترین نقطه مسیرش می‌گذرد، کشش نخ چقدر است؟



$$T = 2mg + qB\sqrt{2gL} \quad (1)$$

$$T = 2mg - qB\sqrt{2gL} \quad (2)$$

$$T = 2mg + qB\sqrt{2gL} \quad (3)$$

$$T = 2mg - qB\sqrt{2gL} \quad (4)$$

۵۴- یک مدار RLC سری با منبعی به نیروی محرکه  $\varepsilon(t) = \varepsilon_0 \sin \omega t$  تغذیه می‌شود. پس از گذشت زمان طولانی از بسته شدن مدار، جریان در مدار کدام است؟ (فرض کنید  $R = 1\Omega$ ,  $C = 0.004F$ ,  $L = 0.12H$ ,  $\varepsilon_0 = 12V$  و

$$\omega = 50 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$6\sqrt{2} \sin\left(50t - \frac{\pi}{4}\right) \quad (1)$$

$$6 \sin\left(50t + \frac{\pi}{4}\right) \quad (2)$$

$$6\sqrt{2} \sin\left(50t - \frac{3\pi}{4}\right) \quad (3)$$

$$6 \sin\left(50t + \frac{3\pi}{4}\right) \quad (4)$$

۵۵- در یک عدسی محدب (همگرا) نازک با فاصله کانونی  $f$  کدام عبارت در مورد فاصله یک جسم حقیقی تا تصویرش همواره درست است؟

(۱) بزرگتر از  $2f$  است.

(۲) بزرگتر از  $3f$  است.

(۳) بزرگتر از  $4f$  است.

(۴) بزرگتر از  $3f$  و کوچکتر از  $4f$  است.

۵۶- از منبع  $S$  نوری با طول موج  $660 \text{ nm}$  به دو روزنه که فاصله آنها از یکدیگر  $2d$  است، می‌تابد. اگر نقاط  $A$  و  $A'$  که به فاصله  $2x_1$  از یکدیگر واقع‌اند اولین بیشینه‌ها بعد از بیشینه مرکزی باشند و  $\frac{d}{D} = 10^{-5}$  باشد  $x_1$  چند

سانتی‌متر است؟

$$1.65 \quad (1)$$

$$3.30 \quad (2)$$

$$4.95 \quad (3)$$

$$6.60 \quad (4)$$



۵۷- کهکشان‌ها با تندی  $144,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$  از زمین دور می‌شود. نور سدیمی با طول موج  $590 \text{ nm}$  تابیده شده از این

کهکشان، در زمین چند نانومتر اندازه‌گیری می‌شود؟

(۱) ۳۵۰

(۲) ۵۹۰

(۳) ۹۹۵

(۴) ۱۶۸۰

۵۸- از دید ناظری، دو رویداد به فاصله زمانی ۴s در مکان واحدی رخ می‌دهند. اگر ناظر دوم این فاصله زمانی را ۵s

اندازه‌گیری کند، فاصله مکانی این دو رویداد از دید او (ناظر دوم) چند متر است؟

(۱) صفر

(۲)  $6,30 \times 10^8$

(۳)  $9,00 \times 10^8$

(۴)  $11,25 \times 10^8$

۵۹- الکترونی از حالت سکون تحت تأثیر اختلاف پتانسیل ۱MV قرار می‌گیرد. طول موج «دوبروی» آن چند

فمتومتر (فرمی) است؟ (انرژی سکون الکترون  $E_0 = 0,5 \text{ MeV}$  و حاصل ضرب ثابت پلانک در سرعت نور برابر

است با  $hc = 1,24 \times 10^{-6} \text{ eV.m}$ )

(۱) ۴۴۰

(۲) ۸۸۰

(۳) ۱۲۴۰

(۴) ۲۴۸۰

۶۰- حداقل عدم قطعیت در مکان فوتونی با طول موج  $A^\circ (5000 \pm 0,005)$  تقریباً چند سانتی‌متر است؟

(۱) ۰,۰۲

(۲) ۲

(۳) ۲۰۰

(۴) ۲۰۰۰۰

۶۱- در پدیده «کامپتون» فوتونی با طول موج  $\lambda_0$  به‌طور رو-در-رو با یک الکترون آزاد ساکن برخورد نموده و با طول

موج بزرگتر  $\lambda'$  در راستای اولیه تابش بازتابیده می‌شود. در این حالت الکترون یک چهارم انرژی سکونش انرژی

جنبشی کسب کرده و در همان امتداد فوتون تابشی به‌جلو رانده می‌شود. طول موج اولیه فوتون تابیده،  $\lambda_0$ ، چند

برابر طول موج کامپتون الکترون  $\lambda_C = \frac{h}{m_e c}$  بوده است؟

(۱) ۱/۵

(۲) ۲

(۳) ۲/۵

(۴) ۳

۶۲- به یک گلوله فلزی به شعاع  $R$ ، نور تکفامی با طول موج  $\lambda$  تابیده می‌شود. اگر طول موج آستانه برای گسیل الکترون از این فلز  $\lambda_0$  باشد ( $\lambda_0 > \lambda$ )، تعداد فوتوالکترون‌های گسیل یافته از گلوله پیش از آن که گسیل فوتوالکترون‌ها پایان یابد، چقدر است؟ ( $h$  ثابت پلانک،  $c$  سرعت نور و  $e$  بار الکترون است.)

$$(۱) \frac{\pi \epsilon_0 R h c}{e^2} \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)$$

$$(۲) \frac{4 \pi \epsilon_0 R^2 h c}{e^2 \lambda_0} \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)$$

$$(۳) \frac{\pi \epsilon_0 R^2 h c}{e^2 \lambda_0} \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)$$

$$(۴) \frac{4 \pi \epsilon_0 R h c}{e^2} \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right)$$

۶۳- در یک آزمایش در ابتدا (لحظه  $t=0$ ) تعداد  $N_0^A$  از عنصر رادیواکتیو  $A$  و تعداد  $N_0^B$  از عنصر رادیواکتیو  $B$  در اختیار داریم، به طوری که  $N_0^A = 2 N_0^B$ . اگر نیمه عمر عنصر  $A$ ،  $t_A^A$ ، برابر با عمر میانگین عنصر  $B$ ،  $t_B$ ، باشد،

نسبت تعداد باقیمانده از این دو عنصر در لحظه  $t$  یعنی  $\frac{N_A(t)}{N_B(t)}$  کدام است؟ ( $t_A$  عمر میانگین عنصر  $A$  است.)

$$(۱) \tau \exp \left[ -\frac{t}{t_A^A} (\ln 2 - 1) \right]$$

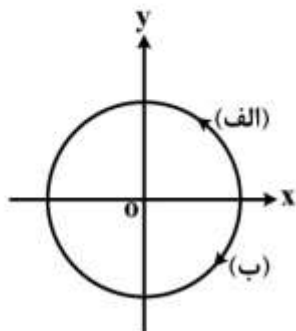
$$(۲) \tau \exp \left[ \frac{-t}{(\ln 2) t_A^A} (\ln 2 - 1) \right]$$

$$(۳) \tau \exp \left[ -\frac{(\ln 2) t}{t_A} \right]$$

$$(۴) \tau \exp \left[ -\frac{t}{t_B} \right]$$

۶۴- کار انجام شده توسط نیروی  $\vec{F} = \frac{-\hat{i}y}{x^2+y^2} + \frac{\hat{j}x}{x^2+y^2}$  روی دایره‌ای به شعاع یک متر در صفحه  $xy$ : الف) در

جهت پادساعتگرد از زاویه صفر تا  $\pi$  و ب) در جهت ساعتگرد از زاویه  $0$  تا  $-\pi$  چند ژول است؟  $x$  و  $y$  بر حسب متر و  $F$  بر حسب نیوتن است.)



(۱) در مسیر (الف) برابر  $\frac{\pi}{4}$  و در مسیر (ب) برابر  $-\frac{\pi}{4}$  است.

(۲) در هر دو مسیر برابر  $\pi$  است.

(۳) در هر دو مسیر برابر  $-\pi$  است.

(۴) در مسیر (الف) برابر  $\pi$  و در مسیر (ب) برابر  $-\pi$  است.

۶۵- با توجه به آن که در روابط زیر انتگرال‌ها روی سطح بسته  $S$  گرفته شده و  $\vec{d\sigma}$  عنصر سطح عمود بر هر نقطه از سطح  $S$  است، کدام رابطه نادرست است؟ ( $V$  حجمی است که توسط سطح بسته  $S$  محاط شده،  $\vec{r}$  بردار مکان و  $\vec{P}(\vec{r})$  بردار دلخواهی است.)

$$\oint_S \vec{d\sigma} \cdot \vec{r} = V \quad (۱)$$

$$\oint_S \vec{d\sigma} = 0 \quad (۲)$$

$$\oint_S \vec{r} \times \vec{d\sigma} = 0 \quad (۳)$$

$$\oint_S (\vec{V} \times \vec{P}) \cdot \vec{d\sigma} = 0 \quad (۴)$$

۶۶- اگر تابع  $\psi(\vec{r})$  و  $\phi(\vec{r})$  در رابطه  $\nabla^2 \psi(\vec{r}) = k |\vec{\nabla} \phi|^2$  صدق کنند و  $\phi(\vec{r})$  در معادله لاپلاس  $\nabla^2 \phi(\vec{r}) = 0$  صدق کند، کدام رابطه درست است؟ ( $k$  ضریبی ثابت است.)

$$\psi(\vec{r}) = k \phi^2(\vec{r}) \quad (۱)$$

$$\psi(\vec{r}) = \frac{1}{3} k \phi^2(\vec{r}) \quad (۲)$$

$$\psi(\vec{r}) = k \phi^2(\vec{r}) \quad (۳)$$

$$\psi(\vec{r}) = \frac{1}{2} k \phi^2(\vec{r}) \quad (۴)$$

۶۷- اگر رابطه  $A_k = \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^3 \epsilon_{ijk} B_{ij}$  برقرار باشد که در آن  $B$  تانسوری پادمتقارن،  $\epsilon_{ijk}$  نماد لوی - چی ویتا و  $k=1,2,3$  در آن صورت کدام رابطه درست است؟

$$B_{mn} = \sum_{l=1}^3 \epsilon_{mnl} A_l \quad (۱)$$

$$B_{mn} = \frac{1}{2} \sum_{l=1}^3 \epsilon_{mnl} A_l \quad (۲)$$

$$B_{mn} = 2 \sum_{l=1}^3 \epsilon_{mnl} A_l \quad (۳)$$

$$B_{mn} = -\frac{1}{2} \sum_{l=1}^3 \epsilon_{mnl} A_l \quad (۴)$$



۶۸- اگر  $A$  ماتریس هرمیتی و  $A^2 = 1$  باشد، ویژه مقادیر  $A$  کدامند؟

(۱)  $-1, 0$

(۲)  $\pm\sqrt{2}$

(۳)  $0, +1$

(۴)  $\pm 1$

۶۹- تابع تحلیلی  $f(z) = u(x, y) + iv(x, y)$  که بخش موهومی آن تابع  $v(x, y) = 2xy$  باشد کدام است؟ ( $z = x + iy$ )

(۱)  $x^2 - y^2 + 2ixy$

(۲)  $x^2 + y^2 + 2ixy$

(۳)  $x^2 - y^2 + 2ixy$

(۴)  $x^2 + y^2 + 2ixy$

۷۰- مقدار انتگرال  $I = \int_0^{\infty} \frac{\cos ax}{b^2 + x^2} dx$  با فرض آن که  $a, b > 0$  کدام است؟

(۱)  $\frac{\pi}{2b} e^{-ab}$

(۲)  $\frac{\pi}{2b} e^{ab}$

(۳)  $\frac{\pi}{2b} e^{ab}$

(۴)  $\frac{\pi}{2b} e^{-ab}$

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

۷۱- ذره‌ای با اندازه سرعت ثابت  $v_0$  بر روی مسیری که معادلات پارامتری آن در مختصات دکارتی  $x = a_0 e^s$

$y = a_0 \sin s$  و  $z = a_0 s^2$  است، حرکت می‌کند.  $a_0$  ثابت و  $s$  تابع زمان است. بردار شتاب ذره  $\vec{a}$ ، به ازای  $s = 0$

کدام است؟

(۱)  $\frac{v_0^2}{4a_0} (\hat{i} - \hat{j} + 2\hat{k})$

(۲)  $\frac{v_0^2}{2a_0} (\hat{i} + 2\hat{k})$

(۳)  $\frac{v_0^2}{2a_0} (\hat{i} + 2\hat{k})$

(۴)  $\frac{v_0^2}{4a_0} (-\hat{i} - \hat{j} + 2\hat{k})$

۷۲- قایقی به جرم  $m$  با سرعت اولیه  $v_0$  در خلاف جهت جریان آب رودخانه‌ای به آب انداخته می‌شود. جریان مخالف

نیروی  $f = -\alpha e^{\frac{v}{v_0}}$  را به قایق وارد می‌کند که  $\alpha$  ضریبی ثابت و مثبت و  $v$  سرعت لحظه‌ای قایق است. مسافتی که قایق طی می‌کند تا به سکون لحظه‌ای برسد چقدر است؟

$$\frac{m}{\alpha} v_0^2 (\tau - e^{-1}) \quad (1)$$

$$\frac{m}{\alpha} v_0^2 e^{-1} \quad (2)$$

$$\tau \frac{m}{\alpha} v_0^2 e^{-1} \quad (3)$$

$$\frac{m}{\alpha} v_0^2 (1 - \tau e^{-1}) \quad (4)$$

۷۳- پتانسیل یک بعدی  $V(x) = -V_0 \frac{a^2(x^2 + a^2)}{x^4 + \lambda a^4}$  چند نقطه تعادل دارد و از میان این نقاط تعادل، چند نقطه تعادل پایدار و چند نقطه تعادل ناپایدار است؟

(۱) سه نقطه تعادل که یکی پایدار و دو تا ناپایدار است.

(۲) سه نقطه تعادل که دو تا پایدار و یکی ناپایدار است.

(۳) پنج نقطه تعادل که سه تا پایدار و دو تا ناپایدار است.

(۴) پنج نقطه تعادل که دو تا پایدار و سه تا ناپایدار است.

۷۴- پرتابه‌ای به جرم  $m$  با سرعت اولیه  $v_0$  تحت زاویه  $\theta$  نسبت به افق در یک صفحه قائم پرتاب می‌شود. علاوه بر نیروی وزن، نیروی مقاومت هوا به صورت  $-b\vec{v}(t)$  به پرتابه وارد می‌شود که بردار سرعت لحظه‌ای  $\vec{v}(t)$  و  $b > 0$

است. تغییر برد پرتابه تا اولین مرتبه غیر صفر  $\frac{bv_0}{mg}$  نسبت به وضعیت  $b = 0$  کدام است؟

$$-\frac{4}{3} \left( \frac{bv_0}{mg} \right) \left( \frac{v_0}{g} \right) \sin^2 \theta \sin \theta \quad (1)$$

$$-\frac{8}{3} \left( \frac{bv_0}{mg} \right) \left( \frac{v_0}{g} \right) \cos^2 \theta \sin \theta \quad (2)$$

$$-\frac{4}{3} \left( \frac{bv_0}{mg} \right)^2 \left( \frac{v_0}{g} \right) \sin^2 \theta \sin \theta \quad (3)$$

$$-\frac{8}{3} \left( \frac{bv_0}{mg} \right)^2 \left( \frac{v_0}{g} \right) \cos^2 \theta \sin \theta \quad (4)$$

۷۵- پرتابه‌ای از نقطه‌ای به عرض جغرافیای  $45^\circ$  در نیم‌کره شمالی با سرعت اولیه  $v_0$  و تحت زاویه  $45^\circ$  نسبت به سطح زمین به سمت شرق پرتاب می‌شود. انحراف جانبی پرتابه به سمت جنوب هنگام برخورد به سطح زمین، با در نظر گرفتن دوران زمین بر حسب  $\omega$  سرعت زاویه‌ای زمین کدام است؟

$$\frac{v_0^2 \omega}{g^2} \quad (1)$$

$$\frac{2v_0^2 \omega}{g^2} \quad (2)$$

$$\frac{v_0^2 \omega}{2g^2} \quad (3)$$

$$\frac{4v_0^2 \omega}{g^2} \quad (4)$$

۷۶- نوسانگر سه بعدی ناهمسانگردی در داخل مکعب مستطیلی به ابعاد  $2A$ ،  $2B$  و  $2C$  حول مبدأ مختصات نوسان می‌کند. نیروی وارد بر نوسانگر به شکل  $\vec{F} = -kx\hat{i} - 4ky\hat{j} - 2\delta kz\hat{k}$  است. برای اینکه مسیر حرکت نوسانگر در

فضا بسته باشد اعداد صحیح  $n_x$ ،  $n_y$  و  $n_z$  در معادله  $\frac{\omega_x}{n_x} = \frac{\omega_y}{n_y} = \frac{\omega_z}{n_z}$  چه رابطه‌ای با هم باید داشته باشند؟

( $\omega_x$ ،  $\omega_y$  و  $\omega_z$  به ترتیب بسامد زاویه‌ای نوسانگر در راستای  $x$ ،  $y$  و  $z$  است.)

$$n_x = n_y = n_z \quad (1)$$

$$1 \circ n_x = \delta n_y = 2n_z \quad (2)$$

$$n_x = \frac{n_y}{2}, n_y = \frac{n_z}{\delta} \quad (3)$$

$$n_x = 4n_y = 2\delta n_z \quad (4)$$

۷۷- یک شهاب‌سنگ از فاصله بسیار دوری نسبت به کره زمین با سرعت  $v_0$  و با پارامتر برخورد  $b$ ، در اثر نیروی گرانش به زمین نزدیک می‌شود، اگر  $M$  و  $R$  به ترتیب جرم و شعاع کره زمین باشد، کمترین فاصله شهاب‌سنگ از مرکز زمین  $x$  از کدام معادله به دست می‌آید؟ ( $b$  به گونه‌ای است که شهاب‌سنگ با زمین برخورد نمی‌کند.)

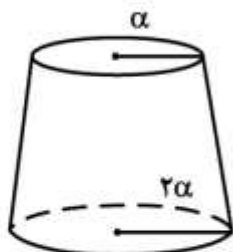
$$x^2 + 2 \left( \frac{GM}{v_0^2} \right) x - b^2 = 0 \quad (1)$$

$$x^2 + \frac{1}{2} \left( \frac{GM}{v_0^2} \right) x - b^2 = 0 \quad (2)$$

$$x^2 + 2 \left( \frac{GM}{v_0^2} \right) x - \left( \frac{GM}{v_0^2} \right) b = 0 \quad (3)$$

$$x^2 + \frac{1}{2} \left( \frac{GM}{v_0^2} \right) x - \left( \frac{GM}{v_0^2} \right) b = 0 \quad (4)$$

۷۸- مرکز جرم یک مخروط با توزیع جرم یکنواخت به فاصله یک چهارم ارتفاع از قاعده مخروط واقع است. نسبت فاصله مرکز جرم مخروط ناقص شکل زیر از دو قاعده چقدر است؟



$$\frac{17}{13} \quad (1)$$

$$\frac{19}{13} \quad (2)$$

$$\frac{17}{11} \quad (3)$$

$$\frac{19}{11} \quad (4)$$

۷۹- ذره‌ای از حالت سکون تحت تأثیر نیروی وزنش در ابر سقوط می‌کند و ذرات بخار آب موجود در ابر به آن می‌چسبند به طوری که  $\frac{dm}{dt} = mkv$  است.  $m$  و  $v$  به ترتیب جرم و سرعت لحظه‌ای ذره و  $k$  ثابت است. اگر  $y$  ارتفاع سقوط باشد، کدام رابطه درست است؟

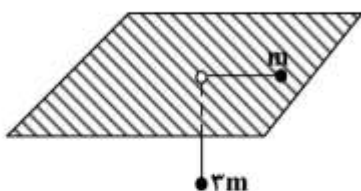
$$kv^2 = -g \ln\left(\frac{1+e^{-2ky}}{2}\right) \quad (1)$$

$$kv^2 = -g \ln\left(\frac{1+e^{-ky}}{2}\right) \quad (2)$$

$$kv^2 = g(1 - e^{-2ky}) \quad (3)$$

$$kv^2 = g(1 - e^{-ky}) \quad (4)$$

۸۰- مطابق شکل دو جرم نقطه‌ای  $m$  و  $3m$  به دو سر ریسمانی که از سوراخی واقع در سطح یک میز افقی گذشته است وصل شده‌اند. جرم  $m$  روی سطح میز افقی که بدون اصطکاک فرض می‌شود، قرار دارد و جرم  $3m$  آویزان است. در وضعیتی که طول ریسمان روی میز  $a$  است به جرم  $m$  در امتداد افقی و عمود بر ریسمان سرعت اولیه  $\sqrt{2ga}$  می‌دهیم. وقتی جرم  $m$  به فاصله  $2a$  از سوراخ می‌رسد، مؤلفه شعاعی شتابش چقدر است؟



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

$$-g \quad (2)$$

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

$$-2g \quad (4)$$

۸۱- یک آونگ کروی متشکل از جرم نقطه‌ای  $m$  متصل به یک سر میله صلب بدون جرم و طول  $L$  در نظر بگیرید. سر دیگر میله در مبدأ مختصات می‌تواند آزادانه حرکت کند. آونگ در میدان گرانش زمین قرار دارد. معادله حرکت آونگ بر حسب مختصات کروی  $(\theta, \varphi)$  کدام است؟

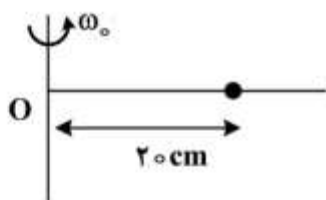
$$\ddot{\theta} + \frac{g}{L} \sin \theta + \frac{\dot{\varphi}^2}{\gamma} \cos^2 \theta = 0 \quad (۱)$$

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{L} \sin \theta - \dot{\varphi}^2 \sin^2 \theta = 0 \quad (۲)$$

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{L} \sin \theta - \frac{\dot{\varphi}^2}{\gamma} \sin^2 \theta = 0 \quad (۳)$$

$$\ddot{\theta} + \frac{g}{L} \sin \theta + \dot{\varphi}^2 \cos^2 \theta = 0 \quad (۴)$$

۸۲- میله‌ای با جرم ناچیز می‌تواند آزادانه حول محور گذرنده از  $O$  در صفحه افقی بچرخد. میله از درون مهره‌ای به جرم  $m$  می‌گذرد و مهره قادر است آزادانه روی میله بلغزد. به مهره یک نیروی خارجی شعاعی به سمت نقطه  $O$  چنان وارد می‌شود که به آن سرعت شعاعی ثابت  $\frac{5}{s} \text{ cm}$  می‌دهد. در لحظه  $t = 0$  که مهره در فاصله  $20 \text{ cm}$  از  $O$  قرار دارد به دستگاه سرعت زاویه‌ای اولیه  $\omega_0 = \frac{5}{s} \text{ rad}$  می‌دهیم. شتاب زاویه‌ای مهره وقتی به فاصله  $10 \text{ cm}$  از  $O$  می‌رسد بر حسب  $\frac{\text{rad}}{s^2}$  چقدر است؟



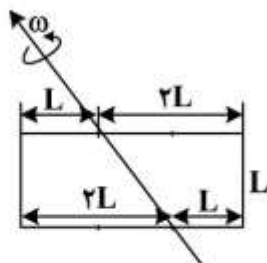
۱ (۱)

۲ (۲)

۵/۵ (۳)

۴ (۴)

۸۳- اندازه گشتاور نیروی لازم برای چرخاندن یک ورقه مستطیل شکل با توزیع جرم یکنواخت به جرم  $m$  و ابعاد  $L \times 2L$  با سرعت زاویه‌ای ثابت  $\omega$  حول محور نشان داده در شکل چقدر است؟



$$\frac{14}{12} mL^2 \omega^2 \quad (۱)$$

$$\frac{7}{12} mL^2 \omega^2 \quad (۲)$$

$$\frac{2}{3} mL^2 \omega^2 \quad (۳)$$

$$\frac{1}{3} mL^2 \omega^2 \quad (۴)$$

۸۴- در حرکت یک بعدی نسبیتی یک ذره، با جرم سکون  $m_0$  لاگرانژی به صورت  $L = -m_0 c^2 \sqrt{1-\beta^2} - V(q)$  می‌باشد که  $\dot{q} = \beta c$  بوده و تابع پتانسیل  $V(q)$  بستگی به  $\beta$  ندارد. هامیلتونی این ذره کدام است؟ (c سرعت نور در خلأ است.)

$$m_0 c^2 - m_0 c^2 \sqrt{1-\beta^2} + V(q) \quad (1)$$

$$\frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-\beta^2}} - m_0 c^2 + V(q) \quad (2)$$

$$-m_0 c^2 \sqrt{1-\beta^2} + V(q) \quad (3)$$

$$\frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-\beta^2}} + V(q) \quad (4)$$

۸۵- دو قطبی‌های نقطه‌ای  $\vec{P}_1$  و  $\vec{P}_2$  هر دو در یک راستا و یک جهت به فاصله  $r$  از هم قرار دارند. نیروی بین این دو دو قطبی چه نوع و چه اندازه است؟

$$\frac{3P_1 P_2}{4\pi\epsilon_0 r^4} \quad (1) \text{ دافعه}$$

$$\frac{3P_1 P_2}{2\pi\epsilon_0 r^4} \quad (2) \text{ جاذبه}$$

$$\frac{3P_1 P_2}{2\pi\epsilon_0 r^4} \quad (3) \text{ دافعه}$$

$$\frac{3P_1 P_2}{4\pi\epsilon_0 r^4} \quad (4) \text{ جاذبه}$$

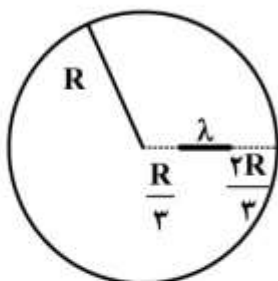
۸۶- مطابق شکل خط باری به طول  $\frac{R}{3}$  با چگالی یکنواخت  $\lambda$  داخل یک پوسته کروی رسانا به شعاع  $R$  که در پتانسیل صفر نگه داشته شده، قرار دارد. توزیع بار تصویری و مکان آن کدام است؟

(۱) یک خط بار غیریکنواخت شعاعی در فاصله  $3R$  تا  $6R$

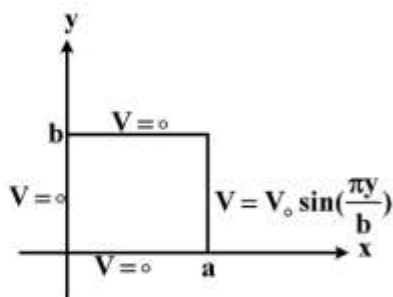
(۲) یک خط بار یکنواخت شعاعی در فاصله  $1/5R$  تا  $3R$

(۳) یک خط بار غیریکنواخت شعاعی در فاصله  $1/5R$  تا  $3R$

(۴) یک خط بار یکنواخت شعاعی در فاصله  $3R$  تا  $6R$



۸۷- قوطی رسانای بسیار بلندی با مقطع مستطیل شکل به ابعاد  $a$  و  $b$  در نظر بگیرید. وجه‌های داخلی واقع بر  $x=0$  ( $0 \leq y \leq b$ )،  $y=0$  ( $0 \leq x \leq a$ )،  $y=b$  ( $0 \leq x \leq a$ ) در پتانسیل صفر و وجه داخلی واقع بر  $x=a$  ( $0 \leq y \leq b$ ) در پتانسیل  $V = V_0 \sin\left(\frac{\pi y}{b}\right)$  قرار دارند. چگالی بار سطحی روی وجه داخلی



کدام است؟  $y = b$  ( $0 \leq x \leq a$ )

$$-\frac{\pi \epsilon_0 V_0}{b \sin\left(\frac{\pi a}{b}\right)} \sin\left(\frac{\pi x}{b}\right) \quad (۱)$$

$$-\frac{\pi \epsilon_0 V_0}{b \sinh\left(\frac{\pi a}{b}\right)} \sinh\left(\frac{\pi x}{b}\right) \quad (۲)$$

$$\frac{\pi \epsilon_0 V_0}{b \sinh\left(\frac{\pi a}{b}\right)} \sinh\left(\frac{\pi x}{b}\right) \quad (۳)$$

$$\frac{\pi \epsilon_0 V_0}{b \sin\left(\frac{\pi a}{b}\right)} \sin\left(\frac{\pi x}{b}\right) \quad (۴)$$

۸۸- یک کره دی‌الکتریک به شعاع  $a$  در میدان الکتریکی ثابت  $\vec{E} = E_0 \hat{k}$  قرار داده می‌شود. اگر پتانسیل الکتریکی در

نقاط خارج از کره به شکل  $\phi_1 = -E_0 r \cos \theta + \frac{\epsilon_0 a^3}{\epsilon_0 r^2} E_0 \cos \theta$  باشد ثابت دی‌الکتریک کره چقدر است؟

$$\frac{7}{5} \quad (۱)$$

$$\frac{7}{3} \quad (۲)$$

$$۳ \quad (۳)$$

$$۵ \quad (۴)$$

۸۹- فضای بین دو کره رسانای هم مرکز به شعاع‌های  $a$  و  $b$  ( $b > a$ ) توسط دی‌الکتریک غیرهمگن با ثابت

دی‌الکتریک  $K = \frac{1}{1 + \alpha r}$  پر شده است.  $\alpha$  کمیتی ثابت است. مجموع بار سطحی قطبیده شده بر روی سطوح

مرزی دی‌الکتریک کدام است؟ (بار آزاد  $Q$  روی کره داخلی قرار دارد.)

$$Q\alpha(b-a) \quad (۱)$$

$$Q\alpha(a+b) \quad (۲)$$

$$-Q\alpha(a+b) \quad (۳)$$

$$Q\alpha(a-b) \quad (۴)$$

۹۰- دو ناحیه ۱ و ۲ با مرز مشترکی در  $z=0$  مفروض اند. در ناحیه ۱  $\mu_1 = 4\mu_0 (z > 0)$  و در ناحیه ۲  $\mu_2 = 2\mu_0 (z < 0)$  است. همه میدان‌ها در دو ناحیه یکنواخت فرض می‌شوند. میدان مغناطیسی در ناحیه ۱ به صورت  $\vec{B}_1 = B_0(2\hat{i} + 4\hat{j} + \delta\hat{k})$  می‌باشد که  $B_0$  مقداری ثابت است. در مرز  $z=0$  جریان سطحی با چگالی

$$\vec{J}_s = \frac{B_0(\hat{i} - 2\hat{j})}{\mu_0}$$

می‌گذرد. میدان مغناطیسی در ناحیه ۲ کدام است؟

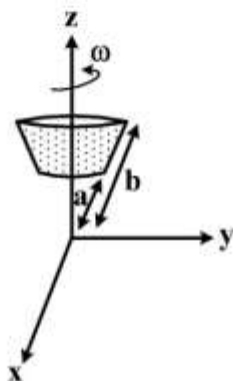
$$B_0(\hat{i} + \hat{j} + \hat{k}) \quad (1)$$

$$B_0(4\hat{i} + \delta\hat{j} + \delta\hat{k}) \quad (2)$$

$$B_0(\delta\hat{i} + \delta\hat{j} + 4\hat{k}) \quad (3)$$

$$B_0(\delta\hat{i} + 4\hat{j} + \delta\hat{k}) \quad (4)$$

۹۱- مخروط ناقصی با معادله  $\theta = \alpha$  و  $a < r < b$  (در دستگاه مختصات کروی) در نظر بگیرید. این مخروط دارای بار با چگالی سطحی یکنواخت  $\sigma$  بر روی سطحش است. اگر این مخروط با سرعت زاویه‌ای  $\omega$  حول محور  $z$  بچرخد، میدان مغناطیسی در مبدأ مختصات کدام است؟



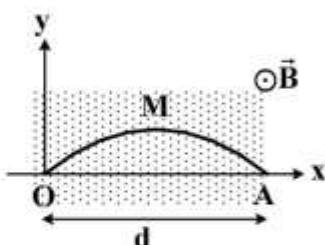
$$\vec{B} = \hat{k} \frac{\mu_0 \omega \sigma \sin^2 \alpha}{2} (b - a) \quad (1)$$

$$\vec{B} = \hat{k} \frac{\mu_0 \omega \sigma \sin^2 \alpha}{2a} (b^2 - a^2) \quad (2)$$

$$\vec{B} = \hat{k} \frac{\mu_0 \omega \sigma \sin^2 \alpha}{2} (b - a) \quad (3)$$

$$\vec{B} = \hat{k} \frac{\mu_0 \omega \sigma \sin^2 \alpha}{2b} (b^2 - a^2) \quad (4)$$

۹۲- یک قطعه سیم نازک رسانا طبق معادله  $y(x, t) = y_0 \sin \frac{\pi x}{d} \cos \omega t$  در میدان مغناطیسی یکنواخت  $B$  مطابق شکل به ارتعاش درآورده می‌شود. اندازه اختلاف پتانسیل بین نقاط ثابت  $O$  و  $A$  در مسیر  $OMA$  کدام است؟



$$\left(\frac{\pi}{2} y_0 B \omega d\right) |\cos \omega t| \quad (1)$$

$$\left(\frac{\pi}{2} y_0 B \omega d\right) |\sin \omega t| \quad (2)$$

$$\left(\frac{2}{\pi} y_0 B \omega d\right) |\sin \omega t| \quad (3)$$

$$\left(\frac{2}{\pi} y_0 B \omega d\right) |\cos \omega t| \quad (4)$$



۹۳- میدان الکتریکی بین صفحات خازن تختی به مساحت  $100\text{cm}^2$  با زمان به شکل  $E = 60 \sin 3000\pi t$  تغییر می‌کند. راستای میدان الکتریکی بر صفحات خازن عمود است. میدان الکتریکی بر حسب ولت بر متر و زمان بر حسب ثانیه است. بیشینه مقدار جریان جابه‌جایی بین صفحات خازن چند میکرو آمپر است؟

$$(1) 0.05$$

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

$$(3) 2\pi$$

$$(4) 2.5$$

۹۴- ناحیه  $z < 0$  خلاء و ناحیه  $z > 0$  با عایق کاملی با قابلیت گذردهی  $\epsilon = 9\epsilon_0$  پر شده است. میدان الکتریکی در این دو ناحیه به شکل زیر داده شده که  $\beta = \omega\sqrt{\mu_0\epsilon_0}$  می‌باشد. کدام دسته روابط درست است؟

$$\vec{E}_1 = [E_i \cos(\omega t - \beta z) + E_r \cos(\omega t + \beta z)] \hat{i} \quad z < 0$$

$$\vec{E}_r = E_t \cos(\omega t - 2\beta z) \hat{i} \quad z > 0$$

$$\frac{E_t}{E_i} = \frac{1}{2} \text{ و } \frac{E_r}{E_i} = -\frac{1}{2} \quad (2)$$

$$\frac{E_t}{E_i} = -\frac{1}{2} \text{ و } \frac{E_r}{E_i} = -\frac{1}{2} \quad (1)$$

$$\frac{E_t}{E_i} = \frac{1}{2} \text{ و } \frac{E_r}{E_i} = \frac{1}{2} \quad (4)$$

$$\frac{E_t}{E_i} = -\frac{1}{2} \text{ و } \frac{E_r}{E_i} = \frac{1}{2} \quad (3)$$

۹۵- شدت مغناطیسی یک موج تخت در یک محیط اتلافی با ضریب رسانندگی  $\sigma$  و گذردهی  $\epsilon$  با رابطه  $\vec{H} = (\hat{j} + \nu \hat{i} \hat{k}) H_0 e^{-\alpha x} e^{-i\beta x} e^{-i\omega t}$  داده شده است. میدان الکتریکی وابسته به این موج الکترومغناطیسی کدام است؟

$$\frac{\alpha + i\beta}{\sigma - i\omega\epsilon} (\hat{i} - \nu \hat{j}) H_0 e^{-\alpha x} e^{-i\beta x} e^{-i\omega t} \quad (1)$$

$$-\frac{\alpha + i\beta}{\sigma - i\omega\epsilon} (\hat{i} + \hat{k}) H_0 e^{-\alpha x} e^{-i\beta x} e^{-i\omega t} \quad (2)$$

$$-\frac{\alpha + i\beta}{\sigma - i\omega\epsilon} (-\nu \hat{j} + \hat{k}) H_0 e^{-\alpha x} e^{-i\beta x} e^{-i\omega t} \quad (3)$$

$$\frac{\alpha + i\beta}{\sigma - i\omega\epsilon} (\hat{i} + \hat{j}) H_0 e^{-\alpha x} e^{-i\beta x} e^{-i\omega t} \quad (4)$$

۹۶- یک موج تخت الکترومغناطیسی از هوا به طور عمود بر سطح یک رسانای کامل که در صفحه  $x-y$  واقع است فرود می‌آید. ضریب شکست هوا  $n_1 = 1$  و ضریب شکست رسانا  $n_2 = n + ik$  است. ضریب جذب چقدر است؟

$$\frac{2n}{(n+1)^2 + k^2} \quad (1)$$

$$\frac{2n}{(n+1)^2 + k^2} \quad (2)$$

$$\frac{2k}{(n+1)^2 + k^2} \quad (3)$$

$$\frac{2k}{(n+1)^2 + k^2} \quad (4)$$

۹۷- ضریب بازتاب فرنل برای تابش مایل (با قطبش s) بر سطح مشترک تخت بین دو محیط نارسانا از رابطه

$$r_{rs} = \frac{\sin(\theta_r - \theta_1)}{\sin(\theta_r + \theta_1)}$$

به دست می آید که  $\theta_1$  و  $\theta_r$  به ترتیب زوایای تابش و شکست هستند. برای موجی با

قطبش s که از هوا تحت زاویه بروستر  $\theta_1 = \theta_B$  بر روی محیطی با ضریب شکست n فرود می آید، ضریب بازتاب فرنل کدام است؟

$$(1) \frac{1-2n}{1+2n}$$

$$(2) \frac{1-n}{1+n}$$

$$(3) \frac{2n}{1+n}$$

$$(4) \frac{1-n^2}{1+n^2}$$

۹۸- تابع موج ذره‌ای به جرم m در چاه پتانسیل نامتناهی یک بعدی  $-L \leq x \leq L$  به شکل  $\Psi_n(x) = \sqrt{\frac{1}{L}} \cos \frac{n\pi x}{2L}$

است که  $n = 1, 3, 5, \dots$ . مقدار چشمداشتی عملگر  $x p_x^2 + 2p_x x p_x + p_x^2 x$  برای ذره مذکور کدام است؟  
(x و  $p_x$  به ترتیب عملگر مکان و تکانه‌اند.)

(۱) صفر

$$(2) \frac{n^2 \pi^2 \hbar^2}{4L}$$

$$(3) \frac{n^2 \pi^2 \hbar^2}{L}$$

$$(4) \frac{n^2 \pi^2 \hbar^2}{2L}$$

۹۹- عملگر انتقال در فضای سه بعدی مکان به اندازه  $\vec{d}$  به صورت  $T(\vec{d}) = e^{\frac{-i\vec{d} \cdot \vec{P}}{\hbar}}$  است که  $\vec{P}$  عملگر تکانه خطی

است. حاصل عملگر  $T(\vec{d}) \vec{x} T^\dagger(\vec{d})$  کدام است؟ ( $\vec{x}$  عملگر مکان است.)

(۱) صفر

$$(2) \vec{x} + \vec{d}$$

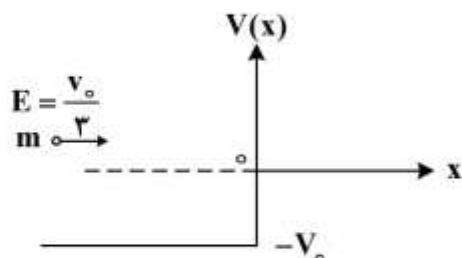
$$(3) \vec{x} - \vec{d}$$

$$(4) -\vec{x} + \vec{d}$$

۱۰۰- ذره‌ای به جرم  $m$  و انرژی جنبشی  $E = \frac{V_0}{3}$  مطابق شکل از سمت چپ به پله پتانسیل یک بعدی  $V(x)$  نزدیک

می‌شود. اگر شار بازتابیده به ناحیه  $x < 0$  را به صورت  $\frac{\hbar k}{m} R$  بنویسیم که  $k$  عدد زوج ذره در ناحیه  $x < 0$

است، ضریب  $R$  چقدر است؟



(۱) ۰

(۲)  $\frac{1}{18}$

(۳)  $\frac{1}{9}$

(۴)  $\frac{1}{3}$

۱۰۱- هامیلتونی دستگاهی در پایه‌های متعامد و بهنجار  $|1\rangle$  و  $|2\rangle$  به صورت  $H = E(|1\rangle\langle 1| - |2\rangle\langle 2| + |1\rangle\langle 2| + |2\rangle\langle 1|)$  است. ویژه مقادیر انرژی این دستگاه کدام‌اند؟

(۱)  $\pm \frac{\sqrt{2}}{2} E$

(۲)  $\pm 2E$

(۳)  $\pm E$

(۴)  $\pm \sqrt{2} E$

۱۰۲- تابع موج ذره‌ای به جرم  $m$  و انرژی  $-|E|$  در یک بعد تحت پتانسیل  $V(x) = -a\delta(x)$  به صورت

$\psi(x) = Ne^{-\frac{ma|x|}{\hbar}}$  که  $a$  ضریب ثابت مثبت و  $N$  و ضریب بهنجارش است، مقدار  $x_0$  چقدر باشد که احتمال

یافتن ذره در بازه  $|x| \leq x_0$  برابر با  $\frac{1}{4}$  باشد؟

(۱)  $\frac{\hbar^2}{ma} \ln 2$

(۲)  $\frac{\hbar^2}{2ma} \ln 2$

(۳)  $\frac{2\hbar^2}{ma}$

(۴)  $\frac{\hbar^2}{4ma}$

۱۰۳- هامیلتونی ذره‌ای به جرم  $m$  در یک بعد به صورت  $H = \frac{p^2}{2m} + mgx$  است. کدام گزینه ممکن است تابع موج این

ذره در فضای مکان،  $\phi(p)$ ، باشد؟ (N ضریب ثابت و E ویژه مقدار انرژی ذره است.)

$$\phi(p) = Ne^{i\left(\frac{p^2}{2m} - \frac{E p}{mgh}\right)} \quad (1)$$

$$\phi(p) = Ne^{i\left(\frac{p^2}{2m} - \frac{E p}{mgh}\right)} \quad (2)$$

$$\phi(p) = Ne^{i\left(\frac{p^2}{2m} - \frac{p^2}{2m}\right)} \quad (3)$$

$$\phi(p) = Ne^{i\left(\frac{p^2}{2m} + \frac{E p}{mgh}\right)} \quad (4)$$

۱۰۴- مقدار چشمداشتی عملگر  $L_z$  روی حالت  $\Psi(\theta, \varphi) = N e^{i\varphi} \sin \theta (\cos \theta - 2)$  کدام است؟ ( $\theta$  و  $\varphi$  زاویه قطبی و سمتی در مختصات کروی است.)

$$\hbar \quad (1)$$

$$\frac{2}{\sqrt{15}} \hbar \quad (2)$$

$$2\hbar \quad (3)$$

$$\frac{4}{\sqrt{15}} \hbar \quad (4)$$

۱۰۵- انرژی یونیزاسیون اتم هیدروژن وقتی در حالت پایه انرژی باشد،  $13.6 \text{ eV}$  است. میونیوم اتمی است متشکل از یک  $\mu^+$  ( $m_\mu = 207 m_e$ ) و یک الکترون به جرم  $m_e$ . انرژی یونیزاسیون اتم میونیوم وقتی در حالت پایه است، چند eV است؟

$$13.6 \quad (1)$$

$$13.7 \quad (2)$$

$$54.1 \quad (3)$$

$$54.7 \quad (4)$$

۱۰۶- هامیلتونی یک نوسانگر هماهنگ سه بعدی همسانگرد به جرم  $m$  و بسامد زاویه‌ای  $\omega$  به صورت

$$H = \frac{p^2}{2m} + \frac{1}{2} m \omega^2 r^2$$

موج قابل توصیف است؟

$$20 \quad (1)$$

$$28 \quad (2)$$

$$35 \quad (3)$$

$$36 \quad (4)$$

۱۰۷- برای یک دستگاه متشکل از دو ذره یکسان هر یک با اسپین  $\frac{1}{2}$  فرض کنید  $H = \varepsilon_0 [\mathcal{V}(\vec{\sigma}_1 \cdot \hat{e})(\vec{\sigma}_2 \cdot \hat{e}) - \vec{\sigma}_1 \cdot \vec{\sigma}_2]$

که  $\hat{e}$  بردار یکه‌ای در امتداد خط واصل دو ذره است و  $\frac{\hbar}{2} \vec{\sigma}_1$  و  $\frac{\hbar}{2} \vec{\sigma}_2$  عملگرهای اسپین مربوط به هر یک از

ذرات است. کدام گزینه نادرست است؟ ( $\chi_1^+$  و  $\chi_2^+$  به ترتیب ویژه حالت  $\sigma_{1z}$  و  $\sigma_{2z}$  اند.)

$$H(\chi_1^+ \chi_2^- - \chi_1^- \chi_2^+) = 0 \quad (1)$$

$$H(\chi_1^- \chi_2^-) = 2\varepsilon_0 \chi_1^- \chi_2^- \quad (2)$$

$$H(\chi_1^+ \chi_2^+) = 2\varepsilon_0 \chi_1^+ \chi_2^+ \quad (3)$$

$$H(\chi_1^+ \chi_2^- + \chi_1^- \chi_2^+) = 4\varepsilon_0 (\chi_1^+ \chi_2^- + \chi_1^- \chi_2^+) \quad (4)$$

۱۰۸- هامیلتونی یک نوسانگر یک بعدی به جرم  $m$  و بسامد زاویه‌ای  $\omega$  به صورت

$$H = \frac{p^2}{2m} + \frac{1}{2} m \omega^2 x^2 + \frac{\lambda}{4} \frac{m^2 \omega^2}{\hbar} x^4$$

است که  $\lambda \ll 1$ . تا مرتبه اول  $\lambda$  جابه‌جایی انرژی تراز  $n$ م نوسانگر

$$\left( x = \sqrt{\frac{\hbar}{2m\omega}} (a + a^+) \right) \text{ هماهنگ ساده } (\lambda = 0) \text{ کدام است؟}$$

$$\frac{\lambda}{16} \hbar \omega (n^2 + 3n + 3) \quad (1)$$

$$\frac{\lambda}{16} \hbar \omega (4n^2 + 4n + 1) \quad (2)$$

$$\frac{\lambda}{16} \hbar \omega (n^2 + 3n + 1) \quad (3)$$

$$\frac{\lambda}{16} \hbar \omega (6n^2 + 6n + 3) \quad (4)$$

۱۰۹- فرض کنید  $E_0$  و  $E_1$  ویژه مقادیر انرژی حالت زمينه و اولین حالت برانگیخته هامیلتونی مستقل از زمان  $H$  است.

اگر  $\bar{E}_0$  و  $\bar{E}_1$  با استفاده از روش وردش و با استفاده از توابع موج آزمایشی  $\bar{\Psi}_0$  و  $\bar{\Psi}_1$  برای حالت زمينه و اولین

حالت برانگیخته به دست آمده باشد، کدام گزینه امکان صحیح بودن ندارد؟

$$\bar{E}_0 \geq E_0 \text{ و } \bar{E}_1 < E_1 \quad (1)$$

$$\bar{E}_0 \geq E_0 \text{ و } \bar{E}_1 > E_1 \quad (2)$$

$$\bar{E}_1 \geq E_1 \text{ و } \bar{E}_0 < E_0 \quad (3)$$

$$\bar{E}_1 \geq E_1 \text{ و } \bar{E}_0 > E_0 \quad (4)$$

۱۱۰- انرژی‌های مجاز یک اتم هیدروژن با هامیلتونی  $H = \frac{p^2}{2m} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}$  برابر  $E_n = -\frac{1}{2} \frac{mc^2 \alpha^2}{n^2}$  است که

$n = 1, 2, 3, \dots$  و  $m$  جرم الکترون است. با در نظر گرفتن ساختار ریز برای اتم هیدروژن، انرژی‌های ترازاها به اندازه

$$\Delta E_n = \frac{E_n^2}{2mc^2} \left( 3 - \frac{4n}{j + \frac{1}{2}} \right)$$

در نمادگذاری طیف‌نگاری مجاز نیست؟

(۱)  ${}^2P_{\frac{1}{2}}$  و  ${}^2S_{\frac{1}{2}}$

(۲)  ${}^2D_{\frac{1}{2}}$  و  ${}^2S_{\frac{1}{2}}$

(۳)  ${}^2D_{\frac{3}{2}}$  و  ${}^2D_{\frac{5}{2}}$

(۴)  ${}^2P_{\frac{3}{2}}$  و  ${}^2S_{\frac{1}{2}}$



