

کد کنترل

434

A



محل امضا:

نام خانوادگی:  
نام:

عصر جمعه  
۹۶/۲/۸



«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 ناپوسته داخل – سال ۱۳۹۶**

**مجموعه فیزیک – کد ۱۲۰۴**

تعداد سؤال: ۱۱۰  
مدت پاسخگویی: ۲۷۰ دقیقه

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 (۳و۲و۱)، فیزیک جدید، ترمودینامیک و مکانیک آماری، ریاضی فیزیک (۲و۱))	۴۰	۳۱	۷۰
۳	دروس تخصصی ۲ (مکانیک کلاسیک (۲و۱)، الکترومغناطیس (۲و۱)، مکانیک کوانتومی (۲و۱))	۴۰	۷۱	۱۱۰

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.

**PART A: Vocabulary**

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

- 1- Working on the assembly line was ----- work because I did the same thing hour after hour.  
1) efficacious            2) monotonous            3) momentous            4) erroneous
- 2- People are guilty of ----- when they make judgments before they know all of the facts.  
1) illusion            2) arrogance            3) avarice            4) prejudice
- 3- Justin ----- himself from the embarrassing situation by pretending he had to make a telephone call.  
1) extricated            2) extracted            3) exposed            4) expelled
- 4- He was accused of manipulating the financial records to cover his -----.  
1) suspicion            2) scrutiny            3) fraud            4) paradox
- 5- Since the jungle was -----, we had to find an alternate route to the village.  
1) permanent            2) vulnerable            3) redundant            4) impenetrable
- 6- Management refused to ----- the union's demands, so a strike costly to both sides occurred.  
1) capitulate to            2) withdraw from            3) impose on            4) grump about
- 7- We had nothing in common, but despite our ----- backgrounds and interests, my new roommate and I became good friends by the end of the semester.  
1) comprehensive            2) conscious            3) heterogeneous            4) haphazard
- 8- Megan's foreboding about going to class turned out to be ----- as the instructor gave a surprise test for which she was completely unprepared.  
1) qualified            2) justified            3) perplexed            4) wholehearted
- 9- If she had known how much of an ----- her student debt would be, she would have found a different way to finance her education.  
1) application            2) encumbrance            3) immunity            4) optimism
- 10- The mechanic examined the engine carefully but said he was not able to ----- the cause of the problem.  
1) pinpoint            2) derive            3) acquire            4) escalate

**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.

Horticulture has a very long history. The study and science of horticulture dates all the way back to the times of Cyrus the Great of ancient Persia, and has been going on (11) -----, with present-day horticulturists such as Freeman S. Howlett and Luther Burbank. The practice of horticulture can be retraced for (12) ----- . The cultivation of taro and yam in Papua New Guinea dates back (13) ----- at least 6950–6440 cal BP. The origins of horticulture (14) ----- in the transition of human communities from nomadic hunter-gatherers to sedentary or semi-sedentary

horticultural communities, (15) ----- a variety of crops on a small scale around their dwellings or in specialized plots visited occasionally during migrations from one area to the next.

- |     |                            |               |                            |                 |
|-----|----------------------------|---------------|----------------------------|-----------------|
| 11- | 1) ever since              | 2) yet        | 3) that far                | 4) still        |
| 12- | 1) many thousands years    |               | 2) many thousands of years |                 |
|     | 3) years of many thousands |               | 4) many years of thousands |                 |
| 13- | 1) from                    | 2) for        | 3) in                      | 4) to           |
| 14- | 1) are laid                | 2) lay        | 3) lie                     | 4) are lying    |
| 15- | 1) cultivating             | 2) cultivated | 3) that cultivated         | 4) to cultivate |

### **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:**

Probably one of the best examples of the progressive development of science would be the development of atomic theory. The ancient Greeks debated over the continuous nature of matter and two schools of thought emerged; matter is continuous or matter is not continuous. The continuous idea was promoted by Aristotle and due to his high regard among scholars that was the idea that flourished. However, there was no effort made by the Greeks to prove or disprove this idea. During the Dark Ages alchemists started experimenting and keeping records of their results, sending science on a pathway of experimentation and discovery. Robert Boyle and his famous J-tube experiment in 1661 gave the first experimental evidence for the existence of atoms. He even used words similar to Democritus to describe the results saying that the air consisted of atoms and a void between them. By increasing the pressure inside the J-tube, some of the void was squeezed out, decreasing the volume. Slowly, experimental evidence, including the work of Lavoisier and Priestly, to name a few, began to mount and in 1803 John Dalton proposed the Modern Atomic Theory, which contained 5 basic postulates about the nature and behavior of matter. Ben Franklin's discovery of electricity in 1746 sent scientists to work to understand this new "thing" named electricity. J.J Thomson investigated a cathode ray tube and identified the negatively charged particle in the cathode ray in 1897. His work was closely followed by Robert Milliken, who gave the electron a -1 charge in his oil drop experiment.

- 16- **What is the passage mainly about?**
- 1) The continuous nature of matter
  - 2) The development of atomic theory
  - 3) Discovery of electricity
  - 4) Two schools of thought in science

- 17- Which of the following is implied in the passage?
- 1) The author is rather positive toward the works of the alchemists.
  - 2) The Greeks tried to reject Aristotle's ideas of matter.
  - 3) The Dark Ages alchemists believed matter was not continuous.
  - 4) Democritus changed the direction of science toward experimentation.
- 18- What does the word "their" in line 7 refer to?
- 1) Results
  - 2) The Dark Ages
  - 3) Records
  - 4) Alchemists
- 19- Which of the following statements is true?
- 1) The first experimental evidence for the existence of atoms emerged in the 16th century.
  - 2) The J-tube experiment, conducted by Lavoisier and Priestly, revealed that the air consisted of atoms and a vacuum between them.
  - 3) The oil drop experiment, conducted by Robert Milliken, revealed the electron a -1 charge.
  - 4) It was John Dalton who identified the negatively charged particle in the cathode ray.
- 20- What does the word "mount" in line 13 mean?
- 1) Approach
  - 2) Improve
  - 3) Increase
  - 4) Dominate

### PASSAGE 2

Magnetism is a phenomenon in which certain materials, known as magnetic materials, attract or repel each other. A magnet has two poles, a south pole and a north pole. Like poles repel while unlike poles attract. Magnetic poles always occur in pairs known as magnetic dipoles. One cannot isolate a single magnetic pole. If a magnet is broken in half, opposite poles appear at both sides of the break point so that one now has two magnets each with a south pole and a north pole. No matter how small the pieces a magnet is broken into, the tiniest unit at the atomic level is still a dipole.

A large magnet can be thought of as one with many small dipoles that are aligned in such a way that apart from the pole areas, the internal south and north poles cancel each other out. Destroying this long range order within a magnet by heating or hammering can demagnetize it. The dipoles in a non-magnetic material are randomly aligned while they are perfectly aligned in a preferred direction in permanent magnets. In a ferromagnet, there are domains where the magnetic dipoles are aligned, however, the domains themselves are randomly oriented. A ferromagnet can be magnetized by placing it in an external magnetic field that exerts a force to line up the domains.

- 21- What is the first paragraph mainly about?
- 1) Magnetic materials
  - 2) Like and dislike poles in a magnet
  - 3) The phenomenon of magnetism
  - 4) Magnetic dipoles
- 22- Which of the following statements is true?
- 1) In a large magnet, there are no internal south and north poles.
  - 2) It is not possible to break a magnet into very small pieces
  - 3) It is possible to isolate a single magnetic pole.
  - 4) The smallest unit at the atomic level of a magnet is a dipole.
- 23- What does the word "it" in paragraph 2 refer to?
- 1) Magnet
  - 2) Range
  - 3) Order
  - 4) Material

- 24- What does the word "while" in paragraph 2 signal?
- |                     |                           |
|---------------------|---------------------------|
| 1) Contrast         | 2) Time sequence          |
| 3) Cause and effect | 4) Alternative suggestion |
- 25- What does the word "exerts" in the last line mean?
- |              |            |             |            |
|--------------|------------|-------------|------------|
| 1) Justifies | 2) Applies | 3) Resolves | 4) Selects |
|--------------|------------|-------------|------------|

**PASSAGE 3**

Donald Arthur Glaser began his career of full-time teaching and research in the Physics Department of the University of Michigan in the autumn of 1949, being promoted to the rank of Professor in 1957. In 1959 he became Professor of Physics at the University of California, at Berkeley. His main research interest during this period was the elementary particles of physics, particularly the strange particles. He examined various experimental techniques that seemed useful in this research and constructed a number of diffusion cloud chambers and parallel-plate spark counters before finally beginning to develop the ideas that led to the invention of the bubble chamber in 1952) Since then he has worked on the development of various types of bubble chambers for experiments in high energy nuclear physics, besides carrying out experiments on elementary particles at the Cosmotron of the Brookhaven National Laboratory in New York and the Bevatron of the Lawrence Radiation Laboratory in California. These experiments gave information on the lifetimes, decay modes, and spins of the  $L^{\circ}$  hyperon,  $K^{\circ}$  meson and  $S^{\circ}$  hyperon as well as differential cross-sections for the production of those particles by pions. Other experiments yielded information on pion-proton scattering, parity violation in non-leptonic hyperon decay, and the branching ratios in positive K meson decay.

Glaser has received many honors for his experiments, among which can be mentioned the Henry Russell Award of the University of Michigan, 1953, for distinction and promise in teaching and research; the Charles Vernon Boys Prize of the Physical Society, London, in 1958, for distinction in experimental physics; the American Physical Society Prize (sponsored by the Hughes Aircraft Company) for his contributions to experimental physics in 1959; and the award, in the same year, of the honorary degree of Doctor of Science by the Case Institute of Technology.

- 26- What did Glaser manage to construct before inventing the bubble chamber?
- 1) Positive K meson and particles like pions
  - 2) Diffusion cloud chambers and parallel-plate spark counters
  - 3) Particles like pions and parallel-plate spark counters
  - 4) Diffusion cloud chambers and positive K meson
- 27- Which of the following is NOT mentioned as a place where Glaser did research and experiments?
- 1) The Cosmotron of the Brookhaven National Laboratory
  - 2) The Bevatron of the Lawrence Radiation Laboratory
  - 3) The University of Michigan
  - 4) The Case Institute of Technology

- 28- Which of the following did NOT occur in 1959?  
 1) He became Professor of Physics at the University of California.  
 2) He was awarded the honorary degree of Doctor of Science.  
 3) He won the Charles Vernon Boys Prize of the Physical Society.  
 4) He was awarded the American Physical Society Prize.
- 29- What does the word "yielded" in paragraph 1 mean?  
 1) Provided                      2) Collected                      3) Recovered                      4) Analyzed
- 30- What does the word "which" in paragraph 2 refer to?  
 1) Distinction                      2) Honors                      3) Experiments                      4) Promise

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

۳۱- اگر  $P$  و  $Q$  کمیت‌های فیزیکی با بعد متفاوت باشند، کدام عبارت به لحاظ فیزیکی معنی دار است؟

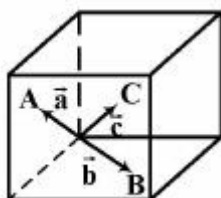
(۱)  $P + Q$

(۲)  $PQ$

(۳)  $\frac{PQ}{P + Q}$

(۴)  $\frac{P - Q}{P}$

۳۲- مکعبی به ضلع  $L$  را در نظر بگیرید، نقاط  $A$  و  $B$  و  $C$  مرکز وجوه مکعب (وجه سمت چپ، قاعده و وجه پشتی) هستند. حجم متوازی السطوحی که روی بردارهای  $\vec{a}$  و  $\vec{b}$  و  $\vec{c}$  ساخته می‌شود چقدر است؟



(۱)  $\frac{1}{2} L^3$

(۲)  $\frac{2}{3} L^3$

(۳)  $\frac{1}{4} L^3$

(۴)  $\frac{1}{3} L^3$

۳۳- جسمی ۶۴ درصد کل مسافت سقوط آزادش در حضور جاذبه زمین را در ثانیه آخر حرکتش طی می‌کند. این جسم

از ارتفاع چندمتری رها شده است؟  $g = 10 \frac{m}{s^2}$

(۱) ۲۰/۰۰

(۲) ۳۱/۲۵

(۳) ۴۵/۵۲

(۴) ۱۹/۱

۳۴- یک ذره متحرک به یک ذره ساکن برخورد می‌کند و به هم می‌چسبند. اگر هشتاد درصد انرژی جنبشی اولیه به انرژی داخلی تبدیل شود، جرم ذره ساکن چند برابر جرم ذره متحرک است؟

$$\frac{1}{4} \quad (۱)$$

$$\frac{1}{2} \quad (۲)$$

$$۲ \quad (۳)$$

$$۴ \quad (۴)$$

۳۵- پنج قرص یکسان هر یک به جرم  $M$  و شعاع  $R$  مطابق شکل از لبه‌ها به هم چسبیده و در یک صفحه قرار دارند. لختی دورانی این مجموعه حول محور گذرنده از  $O$  و عمود بر صفحه قرص‌ها چند  $MR^2$  است؟ جرم هر قرص به‌طور یکنواخت در سطحش توزیع شده است.

$$\frac{۸۵}{۳} \quad (۱)$$

$$\frac{۸۵}{۲} \quad (۲)$$

$$\frac{۸۱}{۳} \quad (۳)$$

$$\frac{۸۱}{۲} \quad (۴)$$



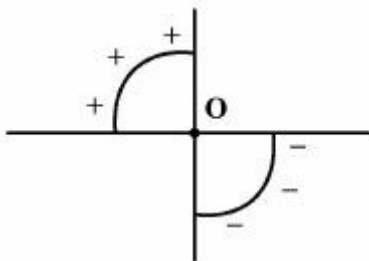
۳۶- دو خط بار عایق نشان داده شده در شکل، کمان‌های  $۹۰^\circ$  درجه به شعاع  $R$  هستند که بار الکتریکی  $\pm q$  به‌طور یکنواخت روی آن‌ها توزیع شده است. میدان الکتریکی در نقطه  $O$  کدام است؟

$$\frac{\sqrt{2}}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R^2} \quad (۱)$$

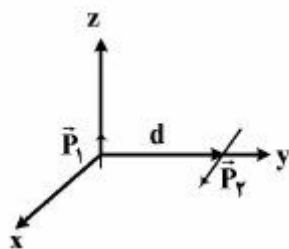
$$\frac{\sqrt{2}}{\pi^2\epsilon_0} \frac{q}{R^2} \quad (۲)$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2\pi\epsilon_0} \frac{q}{R^2} \quad (۳)$$

$$\frac{\sqrt{2}}{4\pi^2\epsilon_0} \frac{q}{R^2} \quad (۴)$$



۳۷- مطابق شکل، دو قطبی نقطه‌ای  $\vec{P}_1 = 2aq\hat{z}$  و  $\vec{P}_2 = 2bQ\hat{x}$  به فاصله  $d$  از یکدیگر قرار دارند. انرژی پتانسیل مجموعه کدام است؟



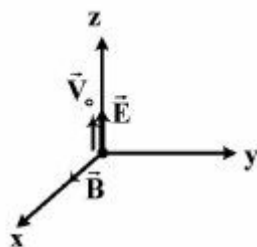
(۱) صفر

(۲)  $\frac{2abqQ}{4\pi\epsilon_0 d^2}$

(۳)  $\frac{4abqQ}{4\pi\epsilon_0 d^2}$

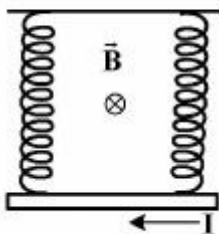
(۴)  $\frac{8abqQ}{4\pi\epsilon_0 d^2}$

۳۸- ذره بارداری با بار الکتریکی مثبت مطابق شکل از مبدأ مختصات با سرعت اولیه  $\vec{V}_0$  در ناحیه‌ای از فضا که میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی یکنواخت  $\vec{E}$  و  $\vec{B}$  برقرار است پرتاب می‌شود. وضعیت حرکت این ذره چگونه است؟

(۱) ذره باردار در صفحه  $X-Z$  حرکت کرده و در جهت  $+Z$  پیش می‌رود.(۲) ذره باردار در صفحه  $X-Z$  حرکت کرده و در جهت  $-Z$  پیش می‌رود.(۳) ذره باردار در صفحه  $Y-Z$  حرکت کرده و در جهت  $+Y$  پیش می‌رود.(۴) ذره باردار در صفحه  $Y-Z$  حرکت کرده و در جهت  $-Y$  پیش می‌رود.

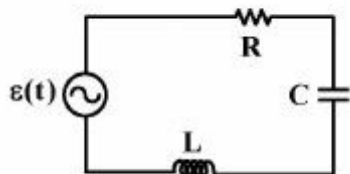
۳۹- میله‌ای به جرم  $10\text{g}$  و طول  $10\text{cm}$  از دو فنر آویزان است. در این وضعیت هر یک از فنرها  $4\text{cm}$  افزایش طول پیدا می‌کنند. وقتی جریان  $20\text{A}$  را در معرض میدان مغناطیسی  $B$  (مطابق شکل) از میله عبور دهیم، فنرها

$1\text{cm}$  بیشتر افزایش طول پیدا می‌کنند. میدان مغناطیسی  $B$  چند میلی تسلا است؟  $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

(۱)  $12/5$ (۲)  $16$ (۳)  $25$ (۴)  $32$ 

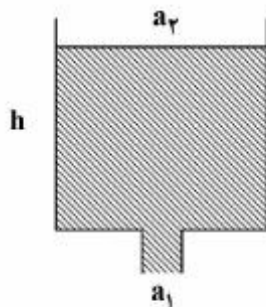
۴۰- در مدار زیر  $\epsilon(t) = \epsilon_0 \sin \omega t$ ،  $\omega = 50 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ ،  $\epsilon_0 = 20\text{V}$ ،  $R = 3\Omega$ ،  $L = 0.1\text{H}$  و  $C = 0.02\text{F}$  است.

توان الکتریکی میانگین مدار چند وات است؟

(۱)  $12$ (۲)  $24$ (۳)  $36$ (۴)  $48$



۴۱- مخزنی را مطابق شکل زیر در نظر بگیرید که  $a_r$  مساحت دهانه طرف و  $a_l$  مساحت مقطع لوله‌ای در ته طرف است. در وضعیتی که ارتفاع آب داخل مخزن  $h$  است، سرعت خروج آب از لوله تعبیه شده در ته طرف برابر کدام است؟



$$\sqrt{\frac{2gh}{1+a_l/a_r}} \quad (1)$$

$$\sqrt{\frac{2gh}{1-a_l/a_r}} \quad (2)$$

$$\sqrt{\frac{2gh}{1+(a_l/a_r)^2}} \quad (3)$$

$$\sqrt{\frac{2gh}{1-(a_l/a_r)^2}} \quad (4)$$

۴۲- در ادامه مسئله ۴۱، به ازای  $a_l = 0.1a_r$  و  $h = 5\text{ m}$  و  $g = 10\text{ m/s}^2$ ، تقریباً چند ثانیه طول می‌کشد تا آب ظرف تخلیه شود؟

$$5 \quad (1)$$

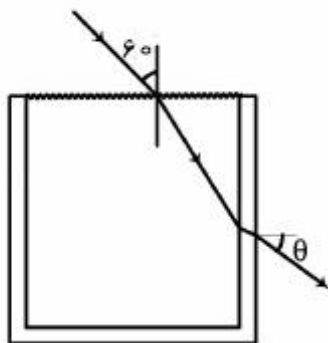
$$7/5 \quad (2)$$

$$10 \quad (3)$$

$$12/5 \quad (4)$$

۴۳- یک استوانه شیشه‌ای (مطابق شکل) به ضخامت  $5\text{ mm}$ ، ضریب شکست  $\frac{3}{2}$  و شعاع  $10\text{ cm}$  با مایعی به ضریب

شکست  $\sqrt{\frac{3}{2}}$  پر شده است. پرتو نوری از هوا با زاویه  $60^\circ$  به نقطه‌ای از سطح آب که روی محور استوانه است



می‌تابد، زاویه  $\theta$  چند درجه است؟

$$60 \quad (1)$$

$$30 \quad (2)$$

$$\sin^{-1}\left(\frac{2}{3}\right) \quad (3)$$

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

۴۴- طرح پراش نوری به طول موج  $\lambda$  از یک شکاف مستطیلی به عرض  $a$  روی پرده‌ای به فاصله دور از آن را در نظر بگیرید. اولین مکانی که یکی از نوارهای تاریک طرح پراش نور قرمز به طول موج  $660\text{ nm}$  بر یکی از نوارهای تاریک طرح پراش نور آبی به طول موج  $480\text{ nm}$  روی پرده منطبق می‌شود، زاویه‌اش نسبت به محور مرکزی  $0.63^\circ$  است. عرض شکاف  $a$  چند میکرون است؟

$$120 \quad (1)$$

$$240 \quad (2)$$

$$260 \quad (3)$$

$$480 \quad (4)$$

۴۵- دو سیم ویولن با طول، جرم و کشش یکسان بسامد اصلی خود،  $f_0$  را می‌نوازند. اگر نیروی کشش یکی از سیم‌ها را  $x$  درصد افزایش دهیم، زنش ایجاد می‌شود که بسامد آن  $1/5$  درصد  $f_0$  است. مقدار  $x$  چقدر است؟

(۱)  $1/5$

(۲) ۳

(۳)  $4/5$

(۴) ۶

۴۶- ویژه طول یک باند فرودگاه  $200\text{m}$  است. به ساعت خلبان داخل جتی که روی این باند با سرعت ثابت حرکت می‌کند،  $0.5\mu\text{s}$  طول می‌کشد که از ابتدا تا انتهای باند را طی کند. سرعت این جت فرضی برحسب سرعت نور چقدر است؟

(۱)  $0.2c$

(۲)  $0.4c$

(۳)  $0.6c$

(۴)  $0.8c$

۴۷- جسم ساکنی خودبه‌خود به دو قسمت تقسیم شده و در جهت‌های مخالف به حرکت درمی‌آید. جرم سکون این دو قسمت  $3\text{kg}$  و  $4\text{kg}$  و سرعت‌های آن‌ها به ترتیب  $\frac{c}{\sqrt{10}}$  و  $\frac{c}{\sqrt{17}}$  است. جرم سکون جسم اولیه چند کیلوگرم است؟

(۲)  $\frac{125}{12}$

(۱)  $\frac{95}{12}$

(۴)  $7/3$

(۳) ۷

۴۸- ذره‌ای به جرم سکون  $m_0$  و بار  $q$  بر روی دایره‌ای به شعاع  $r$  در میدان مغناطیسی یکنواخت  $B$  حرکت می‌کند به طوری که  $\frac{qBr}{m_0 c} = 0.5$  است. سرعت خطی ذره تقریباً چه کسری از سرعت نور است؟

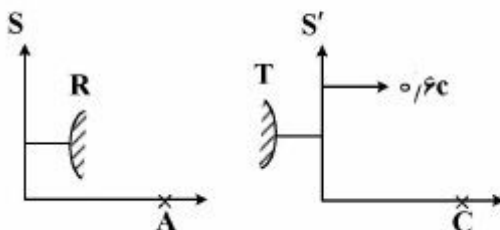
(۱)  $0.40$

(۲)  $0.45$

(۳)  $0.50$

(۴)  $0.55$

۴۹- دو چارچوب لخت  $S$  و  $S'$  مطابق شکل با تندی  $0.6c$  نسبت به یکدیگر حرکت می‌کنند. در چارچوب  $S'$  ساعت  $C$  با دوره تناوب  $1\text{s}$  و فرستنده امواج الکترومغناطیسی  $T$  که به ساعت  $C$  متصل و دارای همان دوره تناوب است قرار دارند. در چارچوب  $S$  ناظر  $A$  و گیرنده امواج الکترومغناطیسی  $R$  قرار دارند. گیرنده  $R$  امواج ارسالی از فرستنده  $T$  را دریافت می‌کند. دوره تناوب ساعت  $C$  برای ناظر  $A$ ،  $T_A$  و دوره تناوب امواج الکترومغناطیسی که  $R$  دریافت می‌کند،  $T_R$  است.  $T_R$  و  $T_A$  برحسب ثانیه کدام است؟



(۱)  $T_R = 1/25$  و  $T_A = 1/25$

(۲)  $T_R = 1/25$  و  $T_A = 2$

(۳)  $T_R = 2$  و  $T_A = 1/25$

(۴)  $T_R = 2$  و  $T_A = 2$

۵۰- کدام عبارت صحیح است؟

- (۱) طول موج دو بروی یک ذره متحرک همواره از طول موج کامپتون آن کوچکتر است.
- (۲) طول موج دو بروی یک ذره متحرک همواره از طول موج کامپتون آن بزرگتر است.
- (۳) طول موج دو بروی یک ذره متحرک همواره با طول موج کامپتون آن برابر است.
- (۴) طول موج دو بروی یک ذره متحرک می‌تواند کوچکتر، بزرگتر یا برابر طول موج کامپتون آن باشد.

۵۱- در پراکندگی کامپتون اشعه X از الکترون‌ها، فوتون‌هایی که در مسیر معکوس پرتو فرودی X پراکنده می‌شوند

دارای انرژی  $0.125 \text{ MeV}$  هستند. مقدار نسبی انرژی تلف شده فوتون  $\frac{\Delta E}{E_0}$  چند درصد است؟

( $E_0$  انرژی فوتون فرودی است و  $m_e c^2 = 0.511 \text{ MeV}$ )

(۱) ۲/۴۵

(۲) ۴/۹

(۳) ۹/۸

(۴) ۲۴/۵

۵۲- در اثر فوتوالکتریک، نوری با طول موج مشخص بر سطح یک قطعه فلز تابانیده شده است. پتانسیل متوقف کننده

در این حالت  $3.6 \text{ V}$  است. مشاهده می‌شود که اگر طول موج نور به کار رفته دو برابر شود پتانسیل متوقف کننده

به یک سوم حالت قبل تقلیل می‌یابد. تابع کار فلز مورد نظر چند eV است؟

(۱) ۰/۹

(۲) ۱/۲

(۳) ۱/۵

(۴) ۱/۸

۵۳- در چه دمایی بر حسب کلوین، طول موج متناظر با بیشینه شدت در طیف تابش گرمایی یک جسم سیاه برابر با

بلندترین طول موجی است که یک فوتون با آن طول موج می‌تواند پس از نابود شدن، یک جفت (الکترون و

پوزیترون) تولید کند؟ ( $T\lambda_{\max} = 2.9 \times 10^{-3} \text{ K.m}$  و  $Ch = 2 \times 10^{-25} \text{ Jm}$ )

(۱)  $1.2 \times 10^6$

(۲)  $1.2 \times 10^9$

(۳)  $2.4 \times 10^6$

(۴)  $2.4 \times 10^9$

۵۴- دو سر یک میله آهنی به طول  $10 \text{ cm}$  در دمای اتاق بین ابتدا و انتهای تکیه‌گاهی به فاصله  $10 \text{ cm}$  ثابت شده

است. مدول یانگ میله  $\frac{N}{m^2}$  و ضریب انبساط طولی آن  $12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  است. هنگامی که دمای میله

$100 \text{ K}$  افزایش یابد، تنش گرمایی در امتداد میله چند پاسکال است؟

(۱)  $1.6 \times 10^{-14}$

(۲)  $6.0 \times 10^{-15}$

(۳)  $2.4 \times 10^8$

(۴)  $6.0 \times 10^6$

۵۵- برای یک گاز ایدئال شامل ملکول‌های دو اتمی، ضریب عددی  $\gamma = \frac{C_P}{C_V}$  در دماهای بسیار بالا کدام است؟

(۱)  $\frac{9}{7}$

(۲)  $\frac{7}{5}$

(۳)  $\frac{5}{4}$

(۴)  $\frac{4}{3}$

۵۶- تغییر آنتروپی یک گاز ایدئال تک اتمی شامل  $N$  ذره در تحولی از حالت اولیه  $N$  و  $T$  و  $V$  به حالت نهایی  $N$  و  $2T$  و  $2V$  چقدر است؟  $k_B$  ثابت بولتزمن است.

(۱)  $\frac{7}{2} N k_B \ln 2$

(۲)  $\frac{5}{2} N k_B \ln 2$

(۳)  $3 N k_B \ln 2$

(۴)  $4 N k_B \ln 2$

۵۷- همه عبارات زیر صحیح‌اند، به جز:

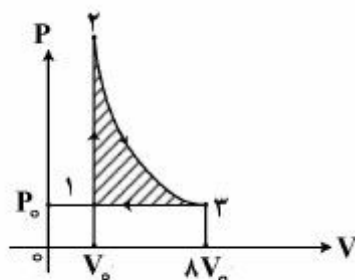
(۱) بنا به قضیه کلاسیوس برای هر دستگاه ترمودینامیکی در یک فرایند چرخه‌ای،  $\oint \frac{dQ}{T} \leq 0$  است.

(۲) بازده ماشین کارنو به جنس ماده کار بستگی ندارد.

(۳) برای هر دستگاه بسته ترمودینامیکی،  $dS \geq 0$  است.

(۴) برای هر دستگاه ترمودینامیکی اگر  $\Omega$  تعداد حالت‌های دسترسی‌پذیر باشد،  $S = k_B \ln \Omega$  است.

۵۸- نمودار  $PV$  یک چرخه برای گاز ایدئال تک اتمی مطابق شکل زیر است که تحول  $2 \rightarrow 3$  در آن بی‌دررو است. بازده چرخه چقدر است؟



(۱)  $\frac{35}{93}$

(۲)  $\frac{49}{155}$

(۳)  $\frac{58}{93}$

(۴)  $\frac{106}{155}$

- ۵۹- معادله حالت واندروالس برای  $n$  مول گاز به صورت  $(P + \frac{an^2}{V^2})(V - nb) = nRT$  است به طوری که  $a$  و  $b$  ثابت‌اند. ظرفیت گرمایی در حجم ثابت این گاز کدام رابطه می‌تواند باشد؟ (ضرایب ثابت  $C_1, C_2, C_3$  و  $C_4$  مستقل از  $T$  و  $V$  و  $P$  هستند)

$$C_1 T \quad (1)$$

$$C_2 \left( \frac{T}{V - nb} \right) \quad (2)$$

$$C_3 (V - nb) \quad (3)$$

$$C_4 T (V - nb) \quad (4)$$

- ۶۰- تغییر طول یک سیم با سطح مقطع  $A$  در اثر تغییرات دما و نیروی کشش آن، بر حسب مدول یانگ  $Y$  و ضریب انبساط طولی  $\alpha$  کدام است؟

$$dL = \alpha L dT + \frac{L}{AY} dF \quad (1)$$

$$dL = \alpha L dT + \frac{LY}{A} dF \quad (2)$$

$$dL = \alpha L dT - \frac{L}{AY} dF \quad (3)$$

$$dL = \alpha L dT - \frac{LY}{A} dF \quad (4)$$

- ۶۱- اگر  $C_P, C_V, \beta$  و  $\kappa$  به ترتیب ظرفیت گرمایی در حجم ثابت، ظرفیت گرمایی در فشار ثابت، ضریب انبساط حجمی در فشار ثابت و ضریب تراکم‌پذیری هم‌دما باشند، کدام رابطه صحیح است؟

$$TdS = \frac{C_V}{\beta P} dP + PdV \quad (1)$$

$$TdS = \frac{C_P}{\beta P} dP + PdV \quad (2)$$

$$TdS = \frac{C_V \kappa}{\beta} dP + \frac{C_P}{\beta V} dV \quad (3)$$

$$TdS = \frac{C_P \kappa}{\beta} dP + \frac{C_V}{\beta V} dV \quad (4)$$

- ۶۲- انتگرال میدان برداری  $\vec{A} = (2x - z)\hat{i} + x^2 y \hat{j} - xz^2 \hat{k}$  روی سطح بسته مکعبی که وجوه آن صفحات  $x = 0, x = 1, y = 0, y = 1, z = 0, z = 1$  است، کدام است؟

$$0 \quad (1)$$

$$2 \quad (2)$$

$$\frac{11}{6} \quad (3)$$

$$\frac{13}{6} \quad (4)$$

۶۳- حجم ناحیه بالای صفحه  $x-y$  و محصور بین استوانه  $x^2 + y^2 = a^2$  و سهمی گون  $z = x^2 + y^2$  چقدر است؟

$$\pi a^3 \quad (۱)$$

$$\pi a^4 \quad (۲)$$

$$\frac{\pi a^3}{2} \quad (۳)$$

$$\frac{\pi a^4}{2} \quad (۴)$$

۶۴- می‌خواهیم از ورق آهنی استوانه‌ای به حجم  $V_0$  بسازیم که سر و ته آن نیز بسته باشد. کمترین مساحت ورق مورد نیاز چقدر است؟

$$2(\pi V_0^2)^{\frac{1}{3}} \quad (۱)$$

$$4(\pi V_0^2)^{\frac{1}{3}} \quad (۲)$$

$$2(2\pi V_0^2)^{\frac{1}{3}} \quad (۳)$$

$$4(2\pi V_0^2)^{\frac{1}{3}} \quad (۴)$$

۶۵- اگر  $A_{ij}$  یک تانسور هم‌وردای پادمتقارن،  $\delta_{ij}$  دلتای کرونکر و  $\varepsilon_{ijk}$  نماد لوی‌چی‌ویتا باشد، کدام عبارت تحت تعویض هر دو اندیس دلخواه، پادمتقارن است؟ (هر یک از اندیس‌ها می‌تواند مقادیر ۱ و ۲ و ۳ را اختیار کند)

$$\varepsilon_{ijk} A_{ij} \quad (۱)$$

$$\partial_i A_{jk} + \partial_j A_{ki} + \partial_k A_{ij} \quad (۲)$$

$$\sum_{i,j} \varepsilon_{ijk} \partial_i A_{je} \quad (۳)$$

$$\sum_i \delta_{ij} \varepsilon_{k\ell m} A_{in} A_{jn} \quad (۴)$$

۶۶- ویژه مقادیر ماتریس  $\begin{pmatrix} 0 & i\sqrt{2} & 0 \\ -i\sqrt{2} & 0 & i\sqrt{2} \\ 0 & -i\sqrt{2} & 0 \end{pmatrix}$  کدام است؟

$$۲ \text{ و } -۲ \text{ و } ۰ \quad (۱)$$

$$۱ \text{ و } -۱ \text{ و } ۰ \quad (۲)$$

$$۱ \text{ و } ۱ \text{ و } -۲ \quad (۳)$$

$$۲ \text{ و } -۱ \text{ و } -۱ \quad (۴)$$

۶۷- برای عدد مختلط  $z = x + iy$ ، مقدار  $\tanh\left(\frac{z}{\gamma}\right)$  برابر کدام است؟

$$\frac{\sinh x + i \sin y}{\cosh x + \cos y} \quad (۱)$$

$$\frac{\cosh x + i \cos y}{\sinh x + \sin y} \quad (۲)$$

$$\frac{\sinh x - i \sin y}{\cosh x + \cos y} \quad (۳)$$

$$\frac{\cosh x - i \cos y}{\sinh x + \sin y} \quad (۴)$$

۶۸- حاصل انتگرال  $\oint_C \frac{z^2 - 3z + 4}{z^2 - 4z + 3} dz$  که در آن C دایره  $|z - i| = 3$  در صفحه مختلط  $z = x + iy$  می‌باشد، کدام است؟

$$-2\pi i \quad (۱)$$

$$+2\pi i \quad (۲)$$

$$-6\pi i \quad (۳)$$

$$+6\pi i \quad (۴)$$

۶۹- کدام گزینه می‌تواند تبدیل فوری  $f(x) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \delta(x - 2\pi n)$  باشد؟

$$g(k) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sum_{n=0}^{\infty} \cos(\pi nk) \quad (۱)$$

$$g(k) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sum_{n=0}^{\infty} \sin(\pi nk) \quad (۲)$$

$$g(k) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \left( \frac{1}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \cos(2\pi nk) \right) \quad (۳)$$

$$g(k) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \left( \frac{1}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \sin(2\pi nk) \right) \quad (۴)$$

۷۰- همه موارد زیر صحیح‌اند، به جز:

- (۱) ویژه مقادیر ماتریس دوران حول محور Z، همواره -۱ و ۰ و ۱ است.
- (۲) حاصل ضرب دو ماتریس دوران حول محور X و Y یک ماتریس دوران است.
- (۳) ماتریس دوران به اندازه  $\theta$  حول راستای  $\hat{n}$  ماتریس متعامد است.
- (۴) ماتریس‌های دوران در فضای سه بعدی یک گروه تشکیل می‌دهند.

دروس تخصصی ۲ (مکانیک کلاسیک (۲و۱)، الکترومغناطیس (۲و۱)، مکانیک کوانتومی (۲و۱):

۷۱- یک ستاره نوترونی از نوترون ساخته شده است. فرض کنید تنها نیرویی که نوترون‌های یک ستاره نوترونی کروی را کنار هم نگه می‌دارد، نیروی جاذبه گرانشی است. حداکثر فرکانس چرخش یک ستاره نوترونی حول قطرش برحسب دور بر ثانیه باید تقریباً چقدر باشد تا ستاره از هم نپاشد؟ چگالی ستاره  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 10^{17} \times 2$  است.

$$\left( G = 6.7 \times 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \right)$$

$$1.2 \times 10^3 \quad (1)$$

$$3.9 \times 10^3 \quad (2)$$

$$5.3 \times 10^4 \quad (3)$$

$$2.1 \times 10^5 \quad (4)$$

۷۲- قطاری بر روی ریل مستقیمی در حرکت است. فرض کنید شتاب قطار در فاصله زمانی  $t = 2\text{s}$  و  $t = 4\text{s}$  به صورت  $a = 2t \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  باشد. اگر سرعت قطار در  $t = 2\text{s}$  برابر  $180 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  باشد، جابجایی قطار در این بازه زمانی تقریباً چند متر است؟

$$111 \quad (1)$$

$$118 \quad (2)$$

$$95 \quad (3)$$

$$156 \quad (4)$$

۷۳- در یک دستگاه مختصات دکارتی برای بردار  $\vec{A}(t)$  داریم  $\vec{A}(0) = \vec{0}$ ،  $\frac{A_z(t)}{A_y(t)} = e^t$  و

$$\int_0^t dt' \vec{A}(t') \times \frac{d^2 \vec{A}(t')}{dt'^2} = t^2 e^{-t} \hat{x}$$

کدام است  $\vec{A}(t)$ ؟

$$t(\hat{y} + e^t \hat{z}) \quad (1)$$

$$t(e^{-t} \hat{y} + \hat{z}) \quad (2)$$

$$t^2(\hat{y} + e^t \hat{z}) \quad (3)$$

$$t^2(e^{-t} \hat{y} + \hat{z}) \quad (4)$$



۷۴- بسامد زاویه‌ای نوسان‌های کوچک ذره‌ای به جرم  $m$  حول حالت پایدار حرکت‌اش در پتانسیل یک بعدی

$$V(x) = -V_0 \left( \frac{a}{x} - \left( \frac{a}{x} \right)^2 \right) \quad \text{که در آن } V_0 > 0, a > 0 \text{ می‌باشد، کدام است؟}$$

$$\sqrt{\frac{\sqrt{3}}{3} \frac{V_0}{ma^2}} \quad (۱)$$

$$\sqrt{\frac{\sqrt{3}}{9} \frac{V_0}{ma^2}} \quad (۲)$$

$$\sqrt{\frac{2\sqrt{3}}{3} \frac{V_0}{ma^2}} \quad (۳)$$

$$\sqrt{\frac{2\sqrt{3}}{9} \frac{V_0}{ma^2}} \quad (۴)$$

۷۵- 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  $\vec{v}(t)$  بردار سرعت لحظه‌ای و  $b$  ضریب ثابت مثبتی است. معادله سرعت پرتابه کدام است؟ محور  $x$  در امتداد افق و محور  $y$  در امتداد قائم است.

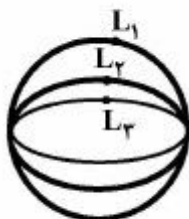
$$\vec{v}(t) = v_0 \cos\theta e^{-\frac{b}{m}t} \hat{i} + \left[ \left( v_0 \sin\theta + \frac{mg}{b} \right) e^{-\frac{b}{m}t} - \frac{mg}{b} \right] \hat{j} \quad (۱)$$

$$\vec{v}(t) = v_0 \cos\theta \left( 1 - \frac{bt}{m} \right) \hat{i} + v_0 \sin\theta e^{-\frac{b}{m}t} \hat{j} \quad (۲)$$

$$\vec{v}(t) = v_0 \cos\theta \hat{i} + v_0 \left( \sin\theta - \frac{b}{m}t \right) \hat{j} \quad (۳)$$

$$\vec{v}(t) = v_0 \cos\theta e^{-\frac{b}{m}t} \hat{i} + v_0 \sin\theta e^{-\frac{b}{m}t} \hat{j} \quad (۴)$$

۷۶- ذره‌ای می‌تواند در اثر نیروی جاذبه  $\vec{F} = -\frac{k}{r^2} \hat{r}$  حرکت کند. ( $k > 0$  در هریک از مسیرهای بسته در شکل نشان داده شده است). اگر  $L_1$ ،  $L_2$  و  $L_3$  به ترتیب تکانه زاویه‌ای ذره حول مبدأ در هر مسیر باشد، کدام گزینه صحیح است؟



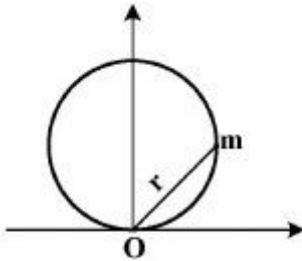
$$L_1 = L_2 = L_3 \quad (۱)$$

$$L_1 > L_2 > L_3 \quad (۲)$$

$$L_1 < L_2 < L_3 \quad (۳)$$

$$L_2 > L_3, L_1 = 0 \quad (۴)$$

۷۷- ذره‌ای به جرم  $m$  در میدان نیروی مرکزی که انرژی پتانسیل وابسته به آن  $V(r)$  است مطابق شکل روی دایره‌ای به شعاع  $R$  در یک صفحه حرکت می‌کند، که  $r$  فاصله ذره تا مبدأ مختصات  $O$  است. اگر تکانه زاویه‌ای ذره نسبت به  $O$  برابر  $L$  باشد،  $V(r)$  کدام است؟



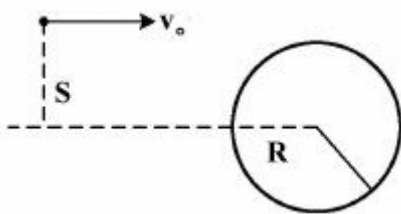
$$(1) \frac{-R^2 L^2}{mr^4}$$

$$(2) \frac{-2R^2 L^2}{mr^4}$$

$$(3) \frac{-4R^2 L^2}{mr^5}$$

$$(4) \frac{-8R^2 L^2}{mr^5}$$

۷۸- یک شهاب سنگ مطابق شکل از فاصله بسیار دور نسبت به زمین به شعاع  $R$  در حالی که سرعتش  $v_0$  است به زمین نزدیک می‌شود. تحت چه شرطی به زمین نمی‌خورد؟  $g$  شتاب جاذبه در سطح زمین است.



$$(1) \frac{S}{R} - 1 > \frac{gR}{v_0^2}$$

$$(2) \frac{S}{R} - 1 > \frac{2gR}{v_0^2}$$

$$(3) \left(\frac{S}{R}\right)^2 - 1 > \frac{gR}{v_0^2}$$

$$(4) \left(\frac{S}{R}\right)^2 - 1 > \frac{2gR}{v_0^2}$$

۷۹- جرم  $m$  مطابق شکل به انتهای فنری به طول عادی  $\ell_0$  و ثابت  $k$  وصل شده و مانند یک آونگ در صفحه قائم با دامنه کم ( $\theta \ll 1$ ) حرکت می‌کند و در همان حال فنر در امتداد طولش نوسان می‌کند. تصحیح زمان تناوب حرکت تا اولین مرتبه غیر صفر کمیت عددی بسیار کوچکتر از واحد  $\frac{mg}{k\ell_0}$ ، کدام است؟



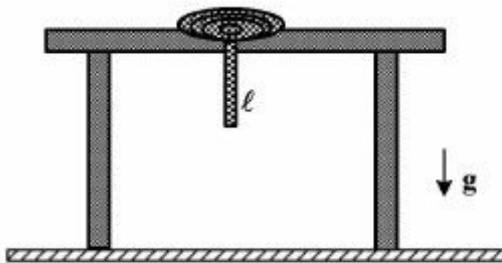
$$(1) \frac{mg}{k\ell_0}$$

$$(2) -\frac{mg}{k\ell_0}$$

$$(3) \left(\frac{1}{2}\right) \frac{mg}{k\ell_0}$$

$$(4) -\left(\frac{1}{2}\right) \frac{mg}{k\ell_0}$$

۸۰- طبق شکل طناب صافی با جرم یکنواخت در واحد طول برابر با  $\mu$  بر فراز یک سوراخ که روی سطح صاف و افقی یک میز تعبیه شده قرار دارد. در لحظه  $t=0$  سر طناب از حال سکون شروع به سقوط آزاد از سوراخ می‌کند و طناب را به‌طور آرام و یکنواخت باز می‌نماید. از اصطکاک طناب در هنگام باز شدن صرف‌نظر کنید. شتاب سقوط طناب کدام است؟



(۱)  $g$

(۲)  $\frac{g}{2}$

(۳)  $\frac{g}{3}$

(۴)  $\frac{g}{4}$

۸۱- مهره‌ای در امتداد سیم صافی که به شکل  $z = cr^2$  خم شده است، می‌لغزد. مختصات استوانه‌ای مکان مهره روی سیم است. اگر سیم حول محور تقارن‌اش با سرعت زاویه‌ای ثابت  $\omega$  بچرخد، مهره بر روی دایره‌ای به شعاع  $R$  می‌چرخد. مقدار  $c$  کدام است؟ محور  $z$  در امتداد قائم و مبدأ مختصات روی سطح زمین است.

(۱)  $\frac{\omega^2}{g}$

(۲)  $\frac{2\omega^2}{g}$

(۳)  $\frac{\omega^2}{2g}$

(۴)  $\frac{\omega^2}{4g}$

۸۲- هامیلتونی ذره‌ای به جرم  $m$  در یک بعد به شکل  $H = \frac{p^2}{2m} + f(x)p + g(x)$  است. لاگرانژی ذره کدام است؟

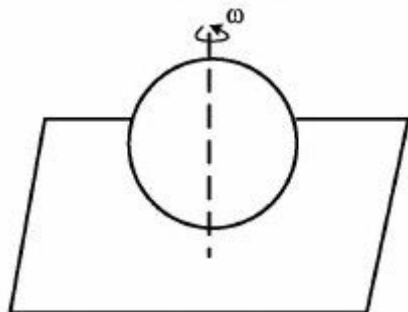
(۱)  $\frac{1}{2}m(\dot{x} + f(x))^2 - g(x)$

(۲)  $\frac{1}{2}m(\dot{x} - f(x))^2 - g(x)$

(۳)  $\frac{1}{2}m\dot{x}^2 + m\dot{x}f(x) - \frac{1}{2}mf^2(x) - g(x)$

(۴)  $\frac{1}{2}m\dot{x}^2 - m\dot{x}f(x) - \frac{1}{2}mf^2(x) - g(x)$

۸۳- سکه‌ای به شعاع  $R$  مطابق شکل، حول محور قائمی که از مرکزش می‌گذرد با سرعت زاویه‌ای ثابت  $\omega$  در حال چرخش است. پایین‌ترین نقطه سکه روی سطح افقی بدون اصطکاک قرار دارد. شرط پایداری این حرکت کدام است؟



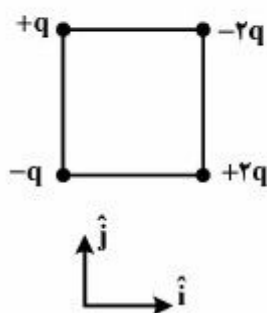
$$\omega > \sqrt{\frac{\gamma g}{R}} \quad (1)$$

$$\omega > \sqrt{\frac{\gamma g}{R}} \quad (2)$$

$$0 < \omega < \sqrt{\frac{\gamma g}{R}} \quad (3)$$

$$\sqrt{\frac{\gamma g}{R}} < \omega < \sqrt{\frac{\gamma g}{R}} \quad (4)$$

۸۴- بردار گشتاور دو قطبی چهار بار نقطه‌ای که مطابق شکل بر روی رئوس مربعی به طول  $a$  قرار دارند، کدام است؟



$$-a q \hat{j} \quad (1)$$

$$-a q \hat{i} \quad (2)$$

$$a q (\hat{j} - \hat{i}) \quad (3)$$

$$a q (\hat{i} - \hat{j}) \quad (4)$$

۸۵- میدان الکتریکی در فضای بیرونی پوستهٔ کروی رسانایی به شعاع  $a$  در وضعیت الکترواستاتیک با در نظر گرفتن مبدأ مختصات در مرکز پوسته کروی، کدام عبارت می‌تواند باشد؟ ( $r$  و  $\theta$  مختصات کروی نقطه‌ای در خارج کره،

$\hat{r}$  و  $\hat{\theta}$  بردارهای یکه مختصات کروی،  $\hat{z}$  بردار یکه در جهت محور  $z$  و  $E_0$  ضریب ثابتی است)

$$\vec{E} = E_0 \hat{z} + E_0 \frac{a^{\gamma}}{r^{\gamma}} (\cos \theta \hat{r} + \gamma \sin \theta \hat{\theta}) \quad (1)$$

$$\vec{E} = E_0 \hat{z} + \frac{E_0 a^{\gamma}}{r^{\gamma}} (\cos \theta \hat{r} - \gamma \sin \theta \hat{\theta}) \quad (2)$$

$$\vec{E} = E_0 \hat{z} + E_0 \frac{a^{\gamma}}{r^{\gamma}} (\gamma \cos \theta \hat{r} + \sin \theta \hat{\theta}) \quad (3)$$

$$\vec{E} = E_0 \hat{z} + \frac{E_0 a^{\gamma}}{r^{\gamma}} (\gamma \cos \theta \hat{r} - \sin \theta \hat{\theta}) \quad (4)$$

۸۶- بار نقطه‌ای  $q$  به فاصله  $d$  از دو صفحه تخت رسانای نیمه نامتناهی عمود برهم که در پتانسیل صفر نگه داشته شده‌اند قرار دارد. انرژی پتانسیل الکتریکی ذخیره شده در فضا چقدر است؟

$$(1) \quad + \frac{q^2}{32\pi\epsilon_0 d} (\sqrt{2} - 1)$$

$$(2) \quad + \frac{q^2}{64\pi\epsilon_0 d} (\sqrt{2} - 1)$$

$$(3) \quad - \frac{q^2}{16\pi\epsilon_0 d} (\sqrt{2} - 1)$$

$$(4) \quad - \frac{q^2}{32\pi\epsilon_0 d} (\sqrt{2} - 1)$$

۸۷- یک دو قطبی نقطه‌ای با گشتاور دو قطبی  $\vec{P}$  عمود بر یک صفحه رسانای نامتناهی و به فاصله  $d$  از آن قرار دارد. صفحه به زمین متصل است. اندازه نیروی وارد بر صفحه از طرف این دو قطبی کدام است؟

$$(1) \quad \frac{P^2}{4\pi\epsilon_0 d^2}$$

$$(2) \quad \frac{P^2}{64\pi\epsilon_0 d^2}$$

$$(3) \quad \frac{2P^2}{2\pi\epsilon_0 d^2}$$

$$(4) \quad \frac{2P^2}{32\pi\epsilon_0 d^2}$$

۸۸- با فرض این که معادله کلازیوس - موساتی  $\frac{P_0}{3k_B T} = \frac{2\epsilon_0}{N} \frac{K-1}{K+2}$  برای آب برقرار باشد، مرتبه بزرگی گشتاور

دوقطبی الکتریکی یک ملکول آب،  $P_0$  در دمای اتاق چند  $C.m$  است؟ (برای آب  $K \approx 80$  است.)

$$(1) \quad 10^{-15} \quad (2) \quad 10^{-17}$$

$$(3) \quad 10^{-28} \quad (4) \quad 10^{-30}$$

۸۹- ظرفیت یک خازن دلخواه با ضرایب پتانسیل  $P_{11}$ ،  $P_{12}$  و  $P_{22}$ ، کدام است؟

$$(1) \quad C = \frac{1}{P_{11} + P_{22} + P_{12}}$$

$$(2) \quad C = \frac{1}{P_{11} + P_{22} - 2P_{12}}$$

$$(3) \quad C = \frac{1}{P_{11} + P_{22} - P_{12}}$$

$$(4) \quad C = \frac{1}{P_{11} + P_{22} + 2P_{12}}$$

۹۰- یک محیط مادی نامتناهی غیرهمگن با ثابت دی‌الکتریک  $\mathbf{K}(\vec{r})$  و رسانندگی  $\mathbf{g}(\vec{r})$  را در نظر بگیرید. در وضعیتی که چگالی حجمی بارهای آزاد با زمان ثابت است،  $\frac{\partial \rho(\vec{r})}{\partial t} = 0$ ،  $\rho(\vec{r})$  برحسب میدان الکتریکی  $\vec{E}(\vec{r})$  و

کمیت‌های داده شده کدام است؟

$$\epsilon_0 \mathbf{g}(\vec{r}) \vec{\nabla} \left( \frac{\mathbf{K}(\vec{r})}{\mathbf{g}(\vec{r})} \right) \cdot \vec{E}(\vec{r}) \quad (۱)$$

$$\epsilon_0 \frac{1}{\mathbf{g}(\vec{r})} \vec{\nabla} (\mathbf{g}(\vec{r}) \mathbf{K}(\vec{r})) \cdot \vec{E}(\vec{r}) \quad (۲)$$

$$\epsilon_0 \frac{1}{\mathbf{K}(\vec{r})} \vec{\nabla} (\mathbf{g}(\vec{r}) \mathbf{K}(\vec{r})) \cdot \vec{E}(\vec{r}) \quad (۳)$$

$$\epsilon_0 \frac{\mathbf{K}(\vec{r})}{\mathbf{g}(\vec{r})} \vec{\nabla} \left( \frac{\mathbf{g}(\vec{r})}{\mathbf{K}(\vec{r})} \right) \cdot \vec{E}(\vec{r}) \quad (۴)$$

۹۱- پتانسیل برداری  $\vec{A}$  داخل و خارج یک سیم لوله‌ای استوانه‌ای نامتناهی به شعاع  $R$  با  $n$  دور سیم حامل جریان  $i$  در واحد طول برحسب  $r$  و بردارهای یک‌ه‌  $\hat{r}$  و  $\hat{\phi}$  مختصات استوانه‌ای، کدام است؟ محور  $Z$  منطبق بر محور استوانه است.

$$\vec{A}_{out} = \mu_0 n i \left( \frac{R^2}{r} \right) \hat{\phi} \quad , \quad \vec{A}_{in} = \mu_0 n i r \hat{\phi} \quad (۱)$$

$$\vec{A}_{out} = \mu_0 n i \left( \frac{R^2}{r} \right) \hat{\phi} \quad , \quad \vec{A}_{in} = \mu_0 n i \left( \frac{r^2}{R} \right) \hat{\phi} \quad (۲)$$

$$\vec{A}_{out} = \frac{1}{r} \mu_0 n i \left( \frac{R^2}{r} \right) \hat{\phi} \quad , \quad \vec{A}_{in} = \frac{1}{r} \mu_0 n i r \hat{\phi} \quad (۳)$$

$$\vec{A}_{out} = \frac{1}{r} \mu_0 n i \left( \frac{R^2}{r} \right) \hat{\phi} \quad , \quad \vec{A}_{in} = \frac{1}{r} \mu_0 n i \left( \frac{r^2}{R} \right) \hat{\phi} \quad (۴)$$

۹۲- برای یک کره مغناطیده به شعاع  $R$  با مغناطش یکنواخت  $\vec{M}$ ، پتانسیل نرده‌ای مغناطیسی در خارج کره برحسب

مختصات کروی به صورت  $\Phi = \frac{1}{r^3} M \left( \frac{a^3}{r^3} \right) \cos \theta$  است. میدان مغناطیسی داخل کره کدام است؟ محور  $Z$  منطبق

بر راستای مغناطش کره است.

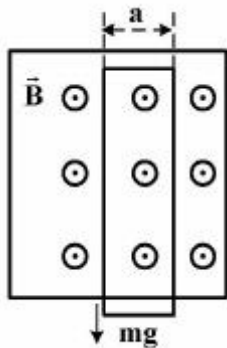
$$\mu_0 \vec{M} \quad (۱)$$

$$\frac{2}{3} \mu_0 \vec{M} \quad (۲)$$

$$\frac{4}{3} \mu_0 \vec{M} \quad (۳)$$

$$-\frac{1}{3} \mu_0 \vec{M} \quad (۴)$$

۹۳- یک حلقه فلزی مستطیل شکل به جرم  $m$  و مقاومت الکتریکی  $R$  و عرض  $a$  مطابق شکل، در لحظه  $t = 0$  از حالت سکون در میدان مغناطیس یکنواخت  $\vec{B}$  عمود بر صفحه حلقه فلزی، در حضور نیروی گرانش رها می‌شود. کدام گزینه سرعت حلقه در لحظه  $t$  که هنوز از میدان مغناطیسی خارج نشده است را به درستی بیان می‌کند؟



$$v(t) = gt - \frac{1}{2} \frac{B^2 a^2}{mR} gt^2 \quad (1)$$

$$v(t) = gt - \frac{1}{4} \frac{B^2 a^2}{mR} gt^2 \quad (2)$$

$$v(t) = \frac{mgR}{B^2 a^2} \left( 1 - e^{-\frac{B^2 a^2}{mR} t} \right) \quad (3)$$

$$v(t) = \frac{mgR}{B^2 a^2} \left( 1 - e^{-\frac{B^2 a^2}{\gamma m R} t} \right) \quad (4)$$

۹۴- اگر پتانسیل نرده‌ای و برداری سیستمی در دستگاه مختصات استوانه‌ای در لحظه  $t$  برابر

$$V(r, \phi, z, t) = C_1 \ln r \quad \text{و} \quad \vec{A}(r, \phi, z, t) = C_2 \frac{t}{z} \hat{r}$$

باشد، چگالی جریان  $\vec{J}(r, \phi, z, t)$  کدام است؟

$C_1$  و  $C_2$  ثابت‌اند.

$$-\frac{C_2 t}{\mu_0 z^2} \hat{r} \quad (1)$$

$$-\frac{2C_2 t + C_1}{\mu_0 z^2} \hat{r} \quad (2)$$

$$-\frac{C_2 t}{\mu_0 z^2} \left( \frac{1}{z} \hat{r} + \frac{2}{r} \hat{z} \right) \quad (3)$$

$$-\frac{C_2 t}{\mu_0 z^2} \left( \frac{2}{z} \hat{r} + \frac{1}{r} \hat{z} \right) \quad (4)$$

۹۵- اگر  $\vec{E}(\vec{r}, t) = E_0 \cos(kx) \cos(ky) \cos(\omega t) \hat{z}$  و

$$\vec{B}(\vec{r}, t) = B_0 (\hat{x} \cos(kx) \sin(ky) - \hat{y} \sin(kx) \cos(ky)) \sin(\omega t)$$

در خلاء باشد، کدام مورد صحیح است؟  $E_0$  و  $B_0$  ضرایب ثابتی هستند.

$$\omega = ck, \quad E_0 = B_0 c \quad (1)$$

$$\omega = \sqrt{2} ck, \quad E_0 = \sqrt{2} B_0 c \quad (2)$$

$$\omega = ck, \quad E_0 = \sqrt{2} B_0 c \quad (3)$$

$$\omega = \sqrt{2} ck, \quad E_0 = B_0 c \quad (4)$$

۹۶- جهت یک دو قطبی الکتریکی دو نقطه‌ای واقع در مبدأ مختصات ثابت، ولی مقدار آن به صورت  $\mathbf{p}(t) = \mathbf{p}_0 \sin \omega t$  با زمان تغییر می‌کند. بردار پویین‌تینگ در نقطه‌ای که با بردار مکان  $\vec{r}$  مشخص می‌شود به صورت  $\vec{S} = \frac{1}{16\pi^2 \epsilon_0 c^3 r^5} \vec{r} (\vec{r} \times \ddot{\mathbf{p}})^2$  است. توان تابشی متوسط این دو قطبی برابر با چند  $\frac{p_0^2 \omega^2}{c^3}$  است؟  $c$  سرعت نور در خلأ است.

$$\frac{1}{24\pi \epsilon_0} \quad (1)$$

$$\frac{1}{6\pi^2 \epsilon_0} \quad (2)$$

$$\frac{1}{12\pi \epsilon_0} \quad (3)$$

$$\frac{1}{32\pi^2 \epsilon_0} \quad (4)$$

۹۷- ترازهای انرژی ذره‌ای به جرم  $m$  در پتانسیل شعاعی جاذبه‌ای  $V(r) = V_0 \left(\frac{r}{a}\right)^n$  (که  $V_0 > 0$ ) برای حرکت در مدارهای دایره‌ای، براساس مدل بور و برحسب عدد  $n = 1, 2, 3, \dots$  کدام است؟

$$2V_0 \left(\frac{n^2 \hbar^2}{4mV_0 a^2}\right)^{\frac{1}{n}} \quad (1)$$

$$2V_0 \left(\frac{n^2 \hbar^2}{4mV_0 a^2}\right)^{\frac{2}{n}} \quad (2)$$

$$V_0 \left(\frac{n^2 \hbar^2}{4mV_0 a^2}\right)^{\frac{1}{n}} \quad (3)$$

$$V_0 \left(\frac{n^2 \hbar^2}{4mV_0 a^2}\right)^{\frac{2}{n}} \quad (4)$$

۹۸- اگر تابع موج ذره‌ای در فضای یک بعدی مکان به شکل  $\psi(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$  باشد، تابع موج ذره در فضای تکانه کدام گزینه است؟  $\sigma$  و  $N$  ضرایب ثابت و مثبتی هستند.

$$N \exp\left(-\frac{\sigma^2 p^2}{2\hbar^2}\right) \quad (1)$$

$$N \exp\left(-\frac{2\sigma^2 p^2}{\hbar^2}\right) \quad (2)$$

$$N \exp\left(-\frac{\sigma|p|}{\hbar}\right) \quad (3)$$

$$N \exp\left(-\frac{2\sigma|p|}{\hbar}\right) \quad (4)$$



۹۹- برای ذره‌ای به جرم  $m$  محبوس در چاه پتانسیل نامتناهی یک بعدی واقع در بازه  $0 \leq x \leq L$  که در ویژه حالت

$$\Delta A = \sqrt{\langle A^2 \rangle - \langle A \rangle^2} \quad \text{؟ کدام } \beta_n \cdot \Delta P \Delta x = \beta_n \frac{\hbar}{\gamma}$$

$$\frac{n\pi}{3} \quad (۱)$$

$$\frac{n\pi}{\sqrt{3}} \quad (۲)$$

$$\sqrt{\left(\frac{n\pi}{3}\right)^2 + 2} \quad (۳)$$

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

۱۰۰- ویژه مقادیر و ویژه توابع هامیلتونی  $H = E_0 (\hat{I} \cosh \theta + \hat{\sigma}_y \sinh \theta)$  که  $\hat{\sigma}_y$  ماتریس پاولی و  $\hat{I}$  ماتریس یک در دو بعد است، کدام است؟

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ \pm 1 \end{pmatrix}, E_0 (\cosh \theta \pm \sinh \theta) \quad (۱)$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ \mp i \end{pmatrix}, E_0 (\cosh \theta \pm \sinh \theta) \quad (۲)$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ \mp 1 \end{pmatrix}, E_0 \sqrt{\cosh 2\theta \pm 1} \quad (۳)$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ \pm i \end{pmatrix}, E_0 \sqrt{\sinh 2\theta \pm 1} \quad (۴)$$

۱۰۱- اگر  $S$  ماتریس پراکنندگی یک ذره از یک پتانسیل اختیاری جایگزیده در ناحیه‌ای از فضای یک بعدی باشد، کدام گزینه درست است؟  $S^T$  ترانزپوزاده  $S$  و  $S^\dagger$  همیوگ  $S$  و  $\hat{I}$  عملگر واحد است.

$$SS^\dagger = \hat{I} \quad (۱)$$

$$SS^T = \hat{I} \quad (۲)$$

$$S = S^\dagger \quad (۳)$$

$$S = S^T \quad (۴)$$

۱۰۲- هرگاه  $a$  و  $a^\dagger$  عملگرهای پایین آورنده و بالا برنده و بالابرنده حالت  $|n\rangle$  نوسانگر هم آهنگ به صورت  $a|n\rangle = \sqrt{n}|n-1\rangle$

و  $a^\dagger|n\rangle = \sqrt{n+1}|n+1\rangle$  باشند، در این صورت حاصل عبارت  $a^n (a^\dagger)^n |n\rangle$  کدام است؟

$$n! |n\rangle \quad (۱)$$

$$n^n |n\rangle \quad (۲)$$

$$\frac{(n!)^2}{n!} |n\rangle \quad (۳)$$

$$(n+1)^n |n\rangle \quad (۴)$$

۱۰۳- هامیلتونی ذره‌ای با اسپین  $\frac{1}{2}$  به صورت  $\frac{1}{2} \left[ S_x^2 + S_y^2 + \left( S_z + \frac{2\hbar}{3} I \right)^2 \right]$  است. اگر ذره از ویژه حالت  $H = \frac{\omega_0}{\hbar}$  برانگیخته این هامیلتونی به حالت پایه آن گذار کند، طول موج فوتون تابشی کدام گزینه است؟  $I$  عملگر واحد و  $S_i$  عملگر مؤلفه  $i$  ام اسپین است.

$$\frac{4\pi c}{\omega_0} \quad (1)$$

$$\frac{2\pi c}{\omega_0} \quad (2)$$

$$\frac{4\pi c}{3\omega_0} \quad (3)$$

$$\frac{2\pi c}{3\omega_0} \quad (4)$$

۱۰۴- تابع موج یک سامانه کوانتومی برحسب هماهنگ‌های کروی  $Y_\ell^m(\theta, \varphi)$  به صورت  $\psi(\theta, \varphi) = N \left( Y_1^{-1}(\theta, \varphi) + 2Y_1^0(\theta, \varphi) + Y_1^1(\theta, \varphi) \right)$  است که  $N$  ضریب بهنجارش است. مقدار چشمداشتی عملگر  $L_+$  در این حالت کدام است؟

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

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

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

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

۱۰۵- شانزده الکترون بدون برهمکنش متقابل درون یک چاه پتانسیل بی‌نهایت عمیق دوبعدی مربعی با ضلع یک نانومتر زندانی هستند. انرژی میانگین هر ذره الکترون تقریباً چند الکترون ولت است؟

$$m_e c^2 \approx 0.51 \text{ MeV}, \quad \hbar c \approx 1.24 \times 10^{-6} \text{ eV} \cdot \text{m}$$

$$7.63 \quad (1)$$

$$1.65 \quad (2)$$

$$3.11 \quad (3)$$

$$4.90 \quad (4)$$

۱۰۶- ذره‌ای به جرم  $m$  در چاه پتانسیل نامتناهی یک بعدی  $0 \leq x \leq a$  محبوس است و در ویژه حالت  $n$  ام خود به سر

می‌برد. اگر ذره در داخل چاه تحت تأثیر پتانسیل  $V(x) = \frac{\hbar^2}{\lambda m a^2} x \delta(x - \frac{a}{3})$  مختل شود و انرژی ویژه حالت

$n$  ام تا مرتبه اول اختلال به صورت  $E_n = \frac{\hbar^2}{\lambda m a^2} f_n$  باشد، مقدار  $f_n$  ،  $n = 1, 2, 3, \dots$  کدام است؟

$$n^2 + \frac{1}{3} \sin^2\left(\frac{n\pi}{3}\right) \quad (1)$$

$$n^2 + \frac{1}{3} \cos^2\left(\frac{2n\pi}{3}\right) \quad (2)$$

$$n^2 + \frac{2}{3} \sin^2\left(\frac{n\pi}{3}\right) \quad (3)$$

$$n^2 + \frac{2}{3} \cos^2\left(\frac{2n\pi}{3}\right) \quad (4)$$

۱۰۷-  $|s, m_s\rangle$  ویژه حالت عملگر  $S^2$  با ویژه مقدار  $\hbar^2 s(s+1)$  و نیز ویژه حالت مشترک عملگر  $S_z$  با ویژه مقدار

$\hbar m_s$  است. دو دستگاه با  $s_1 = \frac{1}{2}$  و  $s_2 = 1$  را در نظر بگیرید، اگر  $\bar{S} = \bar{S}_1 + \bar{S}_2$  باشد، کدام گزینه ویژه حالت

مشترک عملگرهای  $S_1^2$  ،  $S_2^2$  ،  $S^2$  ،  $S_z$  با  $s = \frac{3}{2}$  است؟

$$\frac{1}{\sqrt{3}} \left| \frac{1}{2}, -\frac{1}{2} \right\rangle |1, 1\rangle + \sqrt{\frac{2}{3}} \left| \frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right\rangle |1, 0\rangle \quad (1)$$

$$\frac{1}{\sqrt{3}} \left| \frac{1}{2}, -\frac{1}{2} \right\rangle |1, 1\rangle - \sqrt{\frac{2}{3}} \left| \frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right\rangle |1, 0\rangle \quad (2)$$

$$\sqrt{\frac{2}{3}} \left| \frac{1}{2}, -\frac{1}{2} \right\rangle |1, 1\rangle + \frac{1}{\sqrt{3}} \left| \frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right\rangle |1, 0\rangle \quad (3)$$

$$\sqrt{\frac{2}{3}} \left| \frac{1}{2}, -\frac{1}{2} \right\rangle |1, 1\rangle - \frac{1}{\sqrt{3}} \left| \frac{1}{2}, \frac{1}{2} \right\rangle |1, 0\rangle \quad (4)$$

۱۰۸- اتم هیدروژن واقعی با هامیلتونی  $H = H_0 + H_1 + H_2$  توصیف می‌شود که  $H_0 = \frac{p^2}{2m_e} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}$

و  $H_1 = \frac{-1}{\lambda} \frac{p^2}{m_e c^2}$  و  $H_2 = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{2m_e^2 c^2} \frac{\vec{S} \cdot \vec{L}}{r^3}$  اگر  $\alpha = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m_e c^2}$  باشد، کدام رابطه صحیح است؟

۱۰۹- هامیلتونی  $H_0$  است با  $\langle A \rangle_{n\ell} = \int_0^\infty dr r^2 R_{n\ell}(r) A R_{n\ell}(r)$  بخش شعاعی تابع موج اتم هیدروژن با

$$\frac{\langle H_1 \rangle_{n\ell} + \langle H_2 \rangle_{n\ell}}{\langle H_0 \rangle_{n\ell}} \sim \alpha^2 \quad (1)$$

$$\frac{\langle H_1 \rangle_{n\ell} + \langle H_2 \rangle_{n\ell}}{\langle H_0 \rangle_{n\ell}} \sim \alpha^4 \quad (2)$$

$$\frac{\langle H_1 \rangle_{n\ell} \langle H_2 \rangle_{n\ell}}{\langle H_0 \rangle_{n\ell}^2} \sim \alpha^2 \quad (3)$$

$$\frac{\langle H_1 \rangle_{n\ell} \langle H_2 \rangle_{n\ell}}{\langle H_0 \rangle_{n\ell}^2} \sim 1 \quad (4)$$

۱۰۹- هامیلتونی یک دستگاه کوانتومی  $H = H_0 + V(t)$  است که  $H_0$  مستقل از زمان است و  $H_0 |\psi_\pm\rangle = E_\pm |\psi_\pm\rangle$  اگر  $E_+ - E_- = \hbar\omega$  باشد، کدام  $V(t)$  می‌تواند پس از گذشت زمان طولانی باعث گذار دستگاه بین دو حالت  $\psi_+$  و  $\psi_-$  شود؟  $M$  مستقل از زمان است.

$$M + M^\dagger \quad (1)$$

$$M e^{i\omega t} + M^\dagger e^{-i\omega t} \quad (2)$$

$$M e^{i\omega t} + M^\dagger e^{-i\omega t} \quad (3)$$

$$M e^{\frac{i\omega t}{2}} + M^\dagger e^{-\frac{i\omega t}{2}} \quad (4)$$

۱۱۰- سطح مقطع پراکندگی کل کشسان ذرات کم انرژی از پتانسیل کروی  $V(r) = \begin{cases} \infty & r < R \\ 0 & r \geq R \end{cases}$  کدام است؟

$$4\pi R^2 \quad (1)$$

$$3\pi R^2 \quad (2)$$

$$2\pi R^2 \quad (3)$$

$$\pi R^2 \quad (4)$$