کد کنترل

834

F

834F

آزمون ورودی دوره‌های کارشناسی‌ارشد ناپیوستهٔ داخل - سال ۱۴۰۲

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

صبح جمعه
۱۴۰۱/۱۲/۱۲

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

فیزیک (کد ۱۲۰۴)

تعداد سؤال: ۱۰۵

زمان پاسخ‌گویی: ۲۷۰ دقیقه

عنوان مواد امتحانی، تعداد و شمارهٔ سؤالات

ردیف	مواد امتحانی	تعداد سؤال	از شمارهٔ	تا شمارهٔ
۱	زبان عمومی و تخصصی (انگلیسی)	۲۵	۱	۲۵
۲	دروس تخصصی۱ (فیزیک پایه (۱، ۲ و ۳)، فیزیک جدید، ترمودینامیک و مکانیک آماری، ریاضی فیزیک (۱و۲))	۴۰	۲۶	۶۵
۳	دروس تخصصی ۲ (مکانیک کلاسیک (۱ و ۲)، الکترومغناطیس (۱ و ۲)، مکانیک کوانتومی (۱و ۲))	۴۰	۶۶	۱۰۵

استفاده از ماشین‌حساب مجاز نیست.

این آزمون نمرهٔ منفی دارد.

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

* داوطلب گرامی، عدم درج مشخصات و امضا در مندرجات جدول ذیل، به‌منزلهٔ عدم حضور شما در جلسهٔ آزمون است.

اینجانب ..... با شمارهٔ داوطلبی ..... با آگاهی کامل، یکسان‌بودن شمارهٔ صندلی خود با شمارهٔ داوطلبی مندرج در بالای کارت ورود به جلسه، بالای پاسخ‌نامه و دفترچهٔ سؤالات، نوع و کد کنترل درج شده بر روی جلد دفترچهٔ سؤالات و پایین پاسخ‌نامه‌ام را تأیید می‌نمایم.

امضا:

زبان عمومی و تخصصی (انگلیسی):

PART A: Vocabulary

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

1- Despite the fact that Gross Domestic Product (GDP) has increased substantially in the industrialized West, the levels of human contentment have remained ----------.
1) apposite 2) interwoven 3) static 4) implicit

2- Immigration ---------- from the Latin word migration and means the act of a foreigner entering a country in the aim of obtaining the right of permanent residence.
1) gathers 2) obtains 3) arises 4) derives

3- Not speaking the same language as your customers can lead to communication ----------.
1) breakdown 2) brevity 3) gesture 4) imitation

4- The factory's workforce has ---------- from over 4,000 to a few hundred.
1) withdrawn 2) dwindled 3) undercut 4) forecasted

5- The police came up empty-handed despite an ---------- exploration of the suspect's home.
1) exhaustive 2) inescapable 3) ephemeral 4) inevitable

6- When the old man married a woman in her thirties, all everyone talked about was the ---------- in the couple's ages.
1) diversity 2) disparity 3) longevity 4) extension

7- One local factory will ---------- the town's job shortage by providing 250 more jobs.
1) overlook 2) adjust 3) displace 4) alleviate

PART B: Cloze Test

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

One commentator argues that the success of private schools is not in their money, (8) ---------- their organization. State schools fail their pupils because, under government control, they lack options. But if head teachers at state schools (9) --------- given the same freedom as those at private schools, namely (10) ---------- poor teachers and pay more to good ones, parents would not need to send their children to private schools any more.

8- 1) that is 2) it is in 3) but in 4) is
9- 1) had 2) were 3) to be 4) be
10- 1) by sacking 2) sacking 3) sacked 4) to sack

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:

By harnessing the capabilities of the 8.1-meter Gemini South telescope in Chile, which is part of the International Gemini Observatory operated by NSF's NOIRLab, astronomers have obtained the sharpest image ever of the star R136a1, the most massive known star in the Universe. Their research, led by NOIRLab astronomer Venu M. Kalari, challenges our understanding of the most massive stars and suggests that they may not be as massive as previously thought.

Astronomers have yet to fully understand how the most massive stars–those more than 100 times the mass of the Sun–are formed. One particularly challenging piece of this puzzle is obtaining observations of these giants, which typically dwell in the densely populated hearts of dust-shrouded star clusters. Giant stars also live fast and die young, burning through their fuel reserves in only a few million years. In comparison, our Sun is less than halfway through its 10-billion-year lifespan. The combination of densely packed stars, relatively short lifetimes, and vast astronomical distances makes distinguishing individual massive stars in clusters a daunting technical challenge.

By pushing the capabilities of the Zorro instrument on the Gemini South telescope of the International Gemini Observatory, operated by NSF's NOIRLab, astronomers have obtained the sharpest-ever image of R136a1–the most massive known star. This colossal star is a member of the R136 star cluster, which lies about 160,000 light-years from Earth in the center of the Tarantula Nebula in the Large Magellanic Cloud, a dwarf companion galaxy of the Milky Way.

Previous observations suggested that R136a1 had a mass somewhere between 250 to 320 times the mass of the Sun. The new Zorro observations, however, indicate that this giant star may be only 170 to 230 times the mass of the Sun.

11- **Which conclusion is likely to be drawn from the passage?**
1) Colossal stars are less massive than previously thought.
2) Astronomers have not yet obtained a very sharp image of the star R136a1.
3) The capabilities of the 8.1-meter Gemini South telescope cannot be utilized in Chile.
4) NOIRLab astronomer Venu M. Kalari thinks the Sun will die soon.

12- **According to the passage, which of the following statements is true?**
1) Astronomers still do not know where the massive stars are located.
2) Astronomers are still not fully sure how the giant stars are formed.
3) To be considered a giant, a star should be less than 100 times the mass of the Sun.
4) Previously, it was thought that R136a1 had a mass between170 to 230 times the mass of the Sun.

13- Which of the following statements is true about giant stars?
1) They live fast and die young.
2) They tend to live much longer than the Sun.
3) They often live for about 10 billion years.
4) They are all members of the R136 star cluster.

14- The word "daunting" in paragraph 2 is similar in meaning to ----------.
1) convincing 2) corresponding 3) dominating 4) discouraging

15- Where does the following sentence best fit into the passage?
Even with this lower estimate, R136a1 still qualifies as the most massive known star.
1) End of paragraph 1 2) End of paragraph 2
3) End of paragraph 3 4) End of paragraph 4

PASSAGE 2:

Ever since Max Planck introduced the idea of the quantum to the world, physicists have argued about whether reality is more like sand or water. Planck's famous 1900 discovery that energy is grainy—at least when absorbed or emitted—moved him to label those smallest bits of energy grains "quanta." But he believed that once emitted, as in light from a fire, those grains merged into smooth, continuous waves, just as water seems a smooth liquid to human perception. [1]

By the mid-1920s, both the wave and particle views of light had gained experimental support, with the additional paradox that electrons—supposedly particles—could sometimes disguise themselves as waves. Into this arena of controversy stepped the famed Danish physicist Niels Bohr, the pioneer of exploring the architecture of the atom. [2] Bohr announced that resolving the wave-particle paradox required a new view of reality, in which both notions shared a role in explaining experimental phenomena. In experiments designed to observe waves, waves you would find, whether electrons or light. In experiments designed to detect particles, you'd see particles. But in no experiment could you demonstrate both at once. [3] Bohr called this viewpoint the principle of complementarity, and it successfully guided the pursuit of quantum mechanics during the following decades.

More recently, as philosopher Slobodan Perović recounts in his book *from Data to Quanta*, Bohr's success has been questioned by some physicist and philosophers and even popular science writers. Complementarity has been derided as an incoherent application of vague philosophy expressed in incomprehensible language. [4] But as Perović's investigations reveal, such criticisms are rarely rooted in any deep understanding of Bohr's methods. Rather than Bohr's philosophy contaminating his science, Perović argues, it is his opponents' philosophical prejudices that have led to misstatements, misunderstandings and misrepresentations of Bohr's physics. And Bohr can't be understood by attempting to understand his philosophy, Perović asserts, because philosophy did not guide him—experiments did.

16- Which conclusion is likely to be drawn from the passage?
1) Niels Bohr's work has only been approved by popular science writers.
2) Perović's book argues that Niels Bohr was a philosopher, not a physicist.
3) Perović holds philosophical prejudices against Niels Bohr.
4) Perović's book tries to correct misconceptions about Niels Bohr's physics.

17- According to the passage, which of the following statements is NOT true about the principle of complementarity?

1) It suggests that electrons could sometimes disguise themselves as waves.
2) It says that in no experiment could both waves and particles be demonstrated at once.
3) It was proposed by Niels Bohr.
4) It successfully guided the pursuit of quantum mechanics during the subsequent decades.

18- The passage clearly states that Perović is ----------.

1) more guided by experiments than by philosophy
2) highly critical of Max Planck
3) a philosopher
4) concerned about whether reality is more like sand or water

19- The word "derided" in paragraph 3 is similar in meaning to ----------.

1) resolved 2) ridiculed 3) retained 4) restricted

20- In which of the positions marked by [1], [2], [3], or [4] in the passage can the following sentence be inserted?

Einstein, on the other hand, insisted that light quanta traveled through space on their own, behaving like particles later called photons.

1) [1] 2) [2] 3) [3] 4) [4]

PASSAGE 3:

Ernest Rutherford (1871-1937) was a New Zealand-born British physicist and recipient of the 1908 Nobel Prize in Chemistry. He is often called the "father of nuclear physics." After studying with J. J. Thomson at the Cavendish Laboratory at Cambridge University, Rutherford became a professor and chair of the Physics Department at McGill University in Montreal, Canada.

In Montreal, there were ample opportunities for research, and his work on radioactive bodies, particularly on the emission of alpha rays, was continued in the Macdonald Laboratory. With R.B. Owens, he studied the "emanation" of thorium and discovered a new noble gas, an isotope of radon, which was later to be known as thoron. Frederick Soddy arrived at McGill in 1900 from Oxford, and he collaborated with Rutherford in creating the "disintegration theory" of radioactivity which regards radioactive phenomena as atomic–not molecular–processes. The theory was supported by a large amount of experimental evidence.

In 1907, Rutherford returned to Great Britain to teach at the University of Manchester. Two years later, he, Hans Geiger, and Ernest Marsden conducted the Geiger-Marsden experiment, where they observed alpha particles scattering backwards when fired at a gold foil. The surprising results of this experiment led Rutherford to formulate his model of the atomic nucleus, a revolutionary development in nuclear physics.

In 1919, he became Cavendish Professor of Physics at Cambridge. Rutherford also coined the term "proton" and theorized about the existence of neutrons, which were discovered by his colleague and former student James Chadwick in 1932. Rutherford had an enormous influence on the field of nuclear physics and mentored many future Nobel Prize winners and prominent scientists, including Chadwick, Niels Bohr, and Otto Hahn. He died on October 19, 1937.

21- According to the passage, which of the following statements is true about Rutherford?
1) He won the Nobel Prize in physics.
2) After being established in Canada, he never returned to England.
3) J. J. Thomson found him a job at McGill University.
4) He continued his work on radioactive bodies in the Macdonald Laboratory.

22- The word "ample" in paragraph 2 is similar in meaning to ----------.
1) valid 2) few 3) enough 4) civil

23- According to the passage, which of the following statements is true about Rutherford?
1) With Frederick Soddy, he studied the "emanation" of thorium.
2) He conducted the Geiger-Marsden experiment with his colleagues in 1909.
3) R.B. Owens cooperated with him in creating the "disintegration theory" of radioactivity.
4) He discovered the existence of neutrons, which one of his students had theorized about.

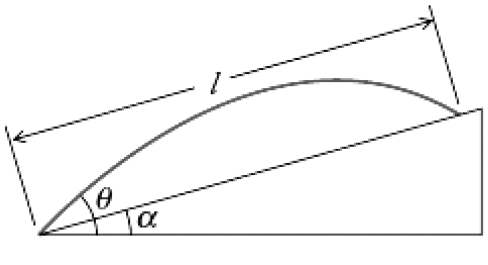
24- Which scientists did Rutherford mentor?
1) Ernest Walton, Niels Bohr, and Otto Hahn
2) James Chadwick, Niels Bohr, John Douglas Cockcroft
3) James Chadwick, Niels Bohr, and Otto Hahn
4) Ernest Walton, John Douglas Cockcroft, and Otto Hahn

25- Where does the following sentence best fit into the passage?
Otto Hahn, who later discovered atomic fission, also worked under Rutherford at the Montreal Laboratory in 1905-06.
1) End of paragraph 1 2) End of paragraph 2
3) End of paragraph 3 4) End of paragraph 4

دروس تخصصی۱ (فیزیک پایه (۱، ۲ و ۳)، فیزیک جدید، ترمودینامیک و مکانیک آماری، ریاضی فیزیک (۱و۲)):

۲۶- ذره‌ای روی محور x حرکت می‌کند. نیروی متغیر $F = ۲x^۳ + ۸x$ در امتداد x به ذره اثر می‌کند به‌طوری‌که x برحسب متر و F برحسب نیوتن است. مقدار تغییر انرژی جنبشی ذره در جابه‌جایی از $x = ۱m$ به $x = ۲m$ چند ژول است؟
۱) ۹/۷۵
۲) ۱۹/۵
۳) ۲۱
۴) ۳۲

۲۷- گلوله‌ای مطابق شکل زیر با تندی اولیه $v_۰$ از پایین سطح شیب‌داری با زاویه شیب α چنان پرتاب می‌شود که زاویه پرتاب با افق زاویه θ می‌سازد. ℓ فاصله محل برخورد گلوله روی سطح شیب‌دار از مکان اولیه کدام است؟



۱) $\frac{۲v_۰^۲\cos^۲\theta}{g\cos\alpha}\tan(\theta-\alpha)$
۲) $\frac{۲v_۰^۲\cos^۲\theta}{g\cos\alpha}(\tan\theta-\tan\alpha)$
۳) $\frac{۲v_۰^۲\sin ۲\theta}{g\cos\alpha}(۱-\tan\theta\tan\alpha)$
۴) $\frac{۲v_۰^۲\cos\alpha\sin\theta}{g}\cos^۲(\theta-\alpha)$

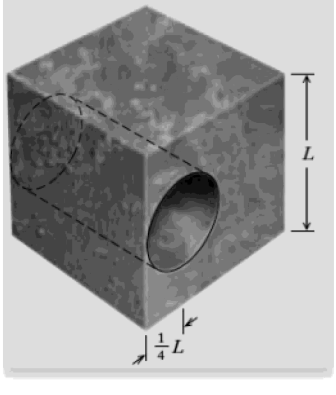
۲۸- یک قرص گردان افقی به شعاع $1\ m$ با سرعت زاویه‌ای ثابت $7\frac{rad}{s}$ حول محورش می‌چرخد. یک مورچه از مرکز به سمت لبه قرص حرکت می‌کند. اگر ضریب اصطکاک میان پای مورچه و قرص $0/5$ باشد، مورچه در چه فاصله‌ای از مرکز (برحسب سانتی‌متر) شروع به لغزیدن می‌کند؟ $(g = 9/8\frac{m}{s^2})$

۱) ۷۰
۲) ۲۰
۳) ۱۵
۴) ۱۰

۲۹- توان انتقالی به یک مدار الکتریکی با زمان به‌صورت $P(t) = 8e^{-t/4}$ کاهش می‌یابد که t برحسب ثانیه و P بر حسب وات هستند. این مدار در بازه زمانی $0 \le t \le 4s$ چند ژول انرژی کسب می‌کند؟

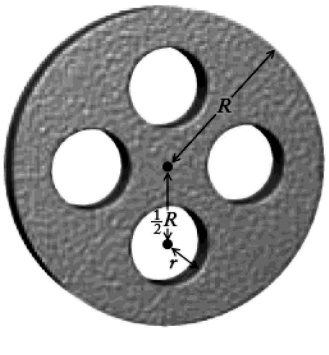
۱) $16e^{-1}$
۲) $32e^{-1}$
۳) $32(1-e^{-1})$
۴) $16(1+e^{-1})$

۳۰- درون یک قطعه مکعبی شکل یکنواخت به ضلع L یک سوراخ استوانه‌ای چنان حفر شده است که سطح جانبی استوانه مطابق شکل زیر بر وسط یکی از وجه‌های مکعب مماس است و فاصله محور استوانه تا این وجه $\frac{L}{4}$ است. فاصله مرکز جرم این قطعه تا مرکز مکعب چقدر است؟



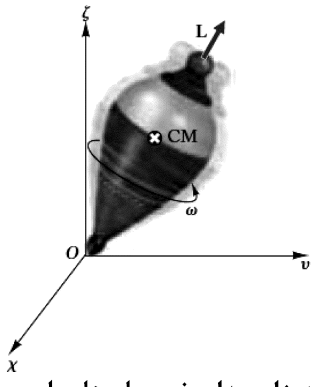
۱) $\frac{\pi}{4(16-\pi)}L$
۲) $\frac{\pi}{4(16+\pi)}L$
۳) $\frac{\pi}{4(64-\pi)}L$
۴) $\frac{\pi}{4(64+\pi)}L$

۳۱- یک چرخ گردان به جرم M از یک قرص یکنواخت به شعاع R که مطابق شکل زیر چهار سوراخ یکسان هر یک به شعاع r در آن ایجادشده ساخته شده است. فاصله مرکز هر یک از سوراخ‌ها تا مرکز قرص $\frac{R}{2}$ است. ممان اینرسی این چرخ حول محور تقارن عمودی خود کدام است؟



۱) $\left(1-2(r/R)^2-4(r/R)^4\right)\frac{MR^2}{2}$
۲) $\left(1+2(r/R)^2-4(r/R)^4\right)\frac{MR^2}{2}$
۳) $\left(\frac{1-2(r/R)^2-4(r/R)^4}{1-4(r/R)^2}\right)\frac{MR^2}{2}$
۴) $\left(\frac{1+2(r/R)^2-4(r/R)^4}{1-4(r/R)^2}\right)\frac{MR^2}{2}$

۳۲- قرقره متقارنی مطابق شکل زیرحول محور تقارن خود با سرعت زاویه‌ای ω می‌چرخد. زاویه راستای $\vec{L}$، بردار تکانه زاویه‌ای، با محور قائم ثابت است. نقطه تماس فرفره با زمین ثابت است. پریود حرکت تقدیمی فرفره به دور محور قائم با چه توانی از ω متناسب است؟



۱) $\omega^{۲}$

۲) ω

۳) $\omega^{-۱}$

۴) $\omega^{-۲}$

۳۳- دو قطعه به جرم‌های m و $۳m$ به دو سر یک فنر با ثابت فنر k بسته شده‌اند. بسامد زاویه‌ای نوسان‌های این مجموعه در راستای خط واصل دو قطعه کدام است؟

۱) $\sqrt{\frac{۴k}{۳m}}$

۲) $\sqrt{\frac{۲k}{۳m}}$

۳) $\sqrt{\frac{k}{۲m}}$

۴) $\sqrt{\frac{k}{۴m}}$

۳۴- یک ریسمان به طول $۱۰m$ و جرم واحد طول $۰/۱۵ \frac{kg}{m}$ بین دو نقطه ثابت با نیروی کشش بزرگی کشیده شده است. در این حالت اگر به وسط ریسمان نیروی عمودی $۱۸۰N$ وارد شود به اندازه $۶cm$ منحرف می‌شود. فرکانس نوسان‌های مد اصلی این ریسمان چند هرتز است؟

۱) $۱۰\sqrt{۱۰}$

۲) $۱۰\sqrt{۵}$

۳) $۵\sqrt{۱۰}$

۴) $۵\sqrt{۵}$

۳۵- اتومبیلی به سمت یک رادار که امواج رادیویی با فرکانس $۸\times۱۰^{۹} Hz$ گسیل می‌کند، در حرکت است. اگر فرکانس ضربان حاصل از ترکیب امواج بازتابی از اتومبیل با امواج گسیلی از رادار که توسط رادار دریافت می‌شوند $۲\times۱۰^{۳} Hz$ باشد، تندی اتومبیل چند $\frac{m}{s}$ است؟

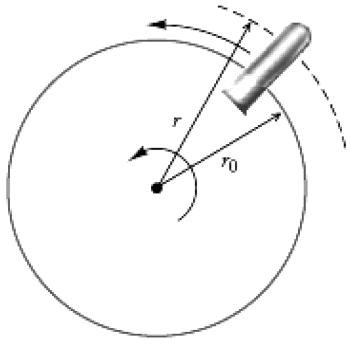
۱) ۱۹

۲) ۷۵

۳) ۱۲/۵

۴) ۳۷/۵

۳۶- درون یک لوله آزمایش مایعی با چگالی ρ وجود دارد. این لوله مطابق شکل درون یک سانتریفوژ در صفحه افقی با بسامد زاویه‌ای ثابت ω می‌چرخد. لوله در امتداد یک شعاع قرار دارد و فاصله سطح آزاد مایع تا مرکز دوران r_0 است. فشار در نقطه‌ای داخل مایع و به فاصله r از مرکز دوران کدام است؟ از فشار محیط و گرانش چشم‌پوشی شود.



۱) $\frac{1}{2}\rho\omega^2 r(r-r_0)$

۲) $\rho\omega^2 r(r-r_0)$

۳) $\frac{1}{2}\rho\omega^2(r^2-r_0^2)$

۴) $\rho\omega^2(r^2-r_0^2)$

۳۷- یک پروتون که ابتدا در فاصله $6\,cm$ از یک صفحه بزرگ باردار مثبت با چگالی سطحی یکنواخت $5\times10^{-8}\frac{C}{m^2}$ قرار دارد با تندی اولیه v_0 به‌طور عمودی به سمت صفحه شلیک می‌شود. تندی پروتون به‌تدریج کاسته‌شده و در نهایت در فاصله $0/9\,cm$ از صفحه به‌طور آنی متوقف شده و در جهت مخالف برمی‌گردد. اندازه v_0 چند $\frac{m}{s}$ است؟ (جرم پروتون $1/7\times10^{-27}\,kg$ است.)

۱) $2/3\times10^6$

۲) $2/3\times10^4$

۳) $1/65\times10^3$

۴) $1/65\times10^5$

۳۸- در ناحیه‌ای از فضا میدان الکتریکی $\vec{E}(x,y,z)=x^3\hat{i}+yz^2\hat{j}+y^2z\hat{k}$ وجود دارد که x و y برحسب متر و E برحسب $\frac{V}{m}$ است. اختلاف پتانسیل الکتریکی میان نقطه $\vec{r}=-3\hat{i}+2\hat{j}+2\hat{k}$ و مبدأ مختصات چند ولت است؟

۱) $28/25$

۲) $12/25$

۳) $16/25$

۴) $24/25$

۳۹- درون یک پوسته کروی به شعاع داخلی a و شعاع خارجی b بار الکتریکی با چگالی حجمی $\rho=\beta r^{-\frac{5}{2}}$ توزیع شده است که r فاصله یک نقطه از مرکز پوسته و β ضریبی ثابت است. میدان الکتریکی در نقطه‌ای داخل پوسته $(a<r<b)$ کدام است؟

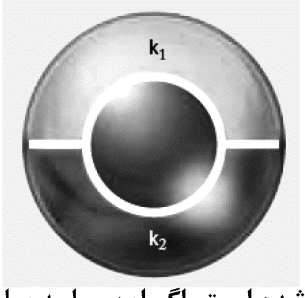
۱) $\frac{\beta}{8\pi\varepsilon_0}\frac{(b^{3/2}-a^{3/2})}{r^3}$

۲) $\frac{\beta}{2\pi\varepsilon_0}\frac{(r^{3/2}-a^{3/2})}{r^3}$

۳) $\frac{2\beta}{\varepsilon_0}\frac{(r^{1/2}-a^{1/2})}{r^2}$

۴) $\frac{2\beta}{\varepsilon_0}\frac{(b^{1/2}-a^{1/2})}{r^2}$

۴۰- یک خازن کروی از دو کره هم‌مرکز به شعاع‌های $R_1 = ۱۰\,cm$ و $R_۲ = ۳۰\,cm$ تشکیل شده است. مطابق شکل زیر، فضای میان دو کره از دو دی الکتریک با ثابت‌های دی‌الکتریک $k_1 = ۲$ و $k_۱ = ۴$ پُر شده است. ظرفیت این خازن کدام است؟



۱) $۵۰\,pF$

۲) $۵۰\,nF$

۳) $۲/۲\,pF$

۴) $۲/۲\,nF$

۴۱- بار روی یک میله مستقیم بسیار بلند با چگالی طولی یکنواخت $۶\times۱۰^{-۳}\,\frac{C}{m}$ توزیع شده است. اگر این میله با تندی $۲۰\frac{m}{s}$ در امتداد راستای میله به حرکت در آید، اندازه میدان مغناطیسی در نقطه‌ای خارج از امتداد میله و به فاصله $۳۰\,cm$ از آن چند گاوس است؟

۱) ۸×۱۰^{-۶}

۲) ۸×۱۰^{-۴}

۳) ۴×۱۰^{-۴}

۴) ۴×۱۰^{-۶}

۴۲- یک قطعه سیم مستقیم حامل جریان $۱۵\,A$ از نقطه $\vec{r}_۱ = ۰/۴۰\hat{i} - ۰/۵\hat{j}$ تا $\vec{r}_۲ = ۰/۷۰\hat{i} - ۰/۳\hat{j} + ۰/۴\hat{k}$ کشیده شده است که فاصله‌ها برحسب متر است. این سیم در یک میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B} = ۲\hat{k}$ (بر حسب تسلا) قرار دارد. نیروی وارد بر این سیم برحسب نیوتن کدام است؟

۱) $۶\hat{i} - ۹\hat{j}$

۲) $۲۴\hat{i} - ۹\hat{j}$

۳) $۲۴\hat{i} - ۹\hat{j} - ۱۲\hat{k}$

۴) $۶\hat{i} - ۹\hat{j} + ۱۲\hat{k}$

۴۳- درفضای خالی از ماده در فاصله $۸\,km$ از یک چشمه رادیویی دامنه میدان الکتریکی $۰/۳\frac{V}{m}$ است. توان کلی متوسط که توسط چشمه گسیل می‌شود تقریباً چند کیلووات است؟ (فرض کنید که چشمه در تمام راستاها به‌طور یکنواخت تابش می‌کند.)

۱) ۱۲

۲) ۲۴

۳) ۹۶/۵

۴) ۱۹۳

۴۴- تلسکوپ هابل از یک آینه مقعر به شعاع $۱۱\,m$ تشکیل شده است. اگر همراه این آیینه یک عدسی چشمی با فاصله کانونی $۳/۳\,cm$ استفاده شود، بزرگ‌نمایی زاویه‌ای این مجموعه کدام است؟

۱) -۱۶۷

۲) ۳۳۳

۳) ۱۶۷

۴) -۳۳۳

۴۵- در یک آزمایش دو شکاف شدت بیشینه در قله نوار مرکزی روی پرده I_0 است. اگر اختلاف مسیر از دو شکاف تا یک نقطه روی پرده $\frac{\lambda}{6}$ باشد، شدت در آن نقطه تقریباً کدام است؟ (فاصله دو شکاف ۳ برابر عرض هر شکاف است.)

۱) $\frac{I_0}{4}$

۲) $\frac{I_0}{6}$

۳) $\frac{3I_0}{4}$

۴) $\frac{2I_0}{3}$

۴۶- یک رادیو تلسکوپ از یک دیش با دهانه دایروی به قطر $75\,m$ تشکیل شده است. قدرت تفکیک زاویه‌ای این تلسکوپ وقتی با طول موج $21\,cm$ کار می‌کند، تقریباً چند درجه است؟

۱) ۰/۰۰۳۴

۲) ۱۹/۵

۳) ۰/۳۹

۴) ۰/۱۹

۴۷- تندی یک ماهواره GPS نسبت به یک نقطه روی سطح زمین $4000\frac{m}{s}$ است. فرض کنید ساعت درون ماهواره در یک لحظه معین با ساعت چارچوب زمینی همزمان شده است. اختلاف این دو ساعت پس از گذشت $1\,h$ چقدر است؟

۱) $0/32\,\mu s$

۲) $0/64\,\mu s$

۳) $0/32\,ms$

۴) $0/64\,ms$

۴۸- یک ذره پیون که در راستای مثبت محور x با تندی $0/8c$ نسبت به دستگاه آزمایشگاه در حرکت است تلاشی یافته و یک میون با تندی $0/5c$ در راستای مثبت محور x نسبت به دستگاه سکون پیون گسیل می‌شود. تندی میون نسبت به دستگاه آزمایشگاه چقدر است؟

۱) $0/3c$

۲) $0/93c$

۳) $1/3c$

۴) $2/2c$

۴۹- برای ذره نسبیتی به جرم سکون m_0 رابطه میان $\vec{v}$ سرعت و $\vec{p}$ تکانه ذره کدام است؟ $(p = |\vec{p}|)$

۱) $\vec{v} = \frac{c\vec{p}}{\sqrt{p^2 - m_0^2c^2}}$

۲) $\vec{v} = \frac{c\vec{p}}{\sqrt{p^2 + m_0^2c^2}}$

۳) $\vec{v} = \frac{\vec{p}}{m_0}$

۴) $\vec{v} = \frac{c\vec{p}}{p}$

۵۰- ذره K° با جرم سکون $9\times10^{-28}\,kg$ در حالت سکون به دو ذره مئون و پادمئون هر یک با جرم سکون $2\times10^{-28}\,kg$ تلاشی می‌یابد. تندی هر یک از دو مئون تقریباً کدام است؟ (c سرعت نور در خلأ است.)

۱) $0/5c$

۲) $0/75c$

۳) $0/85c$

۴) $0/9c$

۵۱- در طیف اتم هیدروژن کمترین طول موج در سری پاشن چند برابر کم‌ترین طول موج در سری بالمر است؟

۱) $\frac{4}{9}$

۲) $\frac{3}{2}$

۳) $\frac{9}{4}$

۴) $\frac{2}{3}$

۵۲- در واپاشی هسته $^{136}_{55}Cs$ یک الکترون گسیل می‌شود. محصول این واپاشی کدام هسته است؟

۱) $^{135}_{54}Xe$

۲) $^{136}_{54}Xe$

۳) $^{136}_{56}Ba$

۴) $^{137}_{56}Ba$

۵۳- اگر S (آنتروپی) تابعی از P (فشار) و T (دما) فرض شود، کدام رابطه درست است؟ (V حجم سیستم، α ضریب انبساط حجمی و κ_T ضریب فشردگی تک‌دما است.)

۱) $T\,dS = C_P\,dT - \alpha\,T\,V\,dP$

۲) $T\,dS = C_P\,dT + \alpha\,T\,V\,dP$

۳) $T\,dS = C_P\,dT - \kappa_T\,T\,V\,dP$

۴) $T\,dS = C_P\,dT + \kappa_T\,T\,V\,dP$

۵۴- درون یک استوانه با یک پیستون متحرک گاز ایده‌آلی در فشار P_1، دمای T_1 و حجم ویژه (حجم مولی) v_1 موجود است. فشار و حجم گاز همزمان افزایش می‌یابند، به‌طوری‌که در هر لحظه $P = \alpha\ v$ باشد، که α ضریب ثابتی است. لحظه‌ای که حجم ویژه $3\,v_1$ می‌شود دمای گاز کدام است؟

۱) $3T_1$

۲) $9T_1$

۳) $9\alpha T_1$

۴) $3\alpha T_1$

۵۵- معادله حالت ماده‌ای به شکل $P(v-b)e^{a/(vRT)} = RT$ است که P فشار، T دما و v حجم ویژه و a، b و R مقادیر ثابتی هستند. v_c حجم ویژه مولی این ماده در نقطه بحرانی کدام است؟

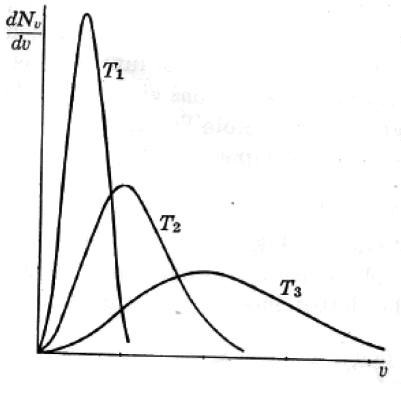
۱) b

۲) $۴b$

۳) $۳b$

۴) $۲b$

۵۶- در شکل زیر تابع توزیع تندی مولکول‌های یک گاز کلاسیک (ماکسول ـ بولتزمنی) در سه دمای مختلف نشان داده شده است. کدام رابطه درست است؟



۱) $T_۳ < T_۲ < T_۱$

۲) $T_۱ < T_۳ < T_۲$

۳) $T_۱ < T_۲ < T_۳$

۴) $T_۲ < T_۱ < T_۳$

۵۷- یک سیستم فیزیکی از N ذره قابل تشخیص از هم تشکیل شده است و هر ذره دارای انرژی صفر یا $\varepsilon > ۰$ است. حالت برانگیخته دارای تبهگنی مرتبه ۴ است اما حالت پایه تبهگنی ندارد. انرژی کل سیستم $E = n\varepsilon$ است که n عدد صحیح مثبتی کوچک‌تر یا مساوی N است. درحالتی‌که $N >> ۱$ است T دمای سیستم از چه رابطه‌ای به‌دست می‌آید؟ $\alpha = E/(N\varepsilon)$

۱) $T = \varepsilon\left(k_B \ln\frac{۴\alpha}{(۱-\alpha)}\right)^{-۱}$

۲) $T = \varepsilon\left(k_B \ln\frac{۴(۱-\alpha)}{\alpha}\right)^{-۱}$

۳) $T = \frac{\varepsilon}{k_B}\ln\frac{۴(۱-\alpha)}{\alpha}$

۴) $T = \frac{\varepsilon}{k_B}\ln\frac{۴\alpha}{(۱-\alpha)}$

۵۸- سیستمی شامل N بوزون یکسان بدون اسپین هر یک به جرم m در جعبه‌ای به حجم V و دمای T نظر بگیرید. شکل عمومی تعداد ذراتی که انرژی آن‌ها بین ε و $\varepsilon + d\varepsilon$ است برحسب کمیت‌های داده‌شده و انرژی شیمیایی μ کدام است؟

۱) $\frac{۴\pi V(۲m)^{۳/۲}}{h^۳}\frac{\varepsilon\sqrt{\varepsilon}}{\exp[(\varepsilon-\mu)/k_BT]-۱}d\varepsilon$

۲) $\frac{۲\pi V(۲m)^{۳/۲}}{h^۳}\frac{\varepsilon\sqrt{\varepsilon}}{\exp[(\varepsilon-\mu)/k_BT]+۱}d\varepsilon$

۳) $\frac{۴\pi V(۲m)^{۳/۲}}{h^۳}\frac{\sqrt{\varepsilon}}{\exp[(\varepsilon-\mu)/k_BT]+۱}d\varepsilon$

۴) $\frac{۲\pi V(۲m)^{۳/۲}}{h^۳}\frac{\sqrt{\varepsilon}}{\exp[(\varepsilon-\mu)/k_BT]-۱}d\varepsilon$

۵۹- واگرایی (دیورژانس) بردار $\vec{a}\times(\vec{b}\times\vec{r})$ چیست؟ ($\vec{r}$ بردار مکان و $\vec{a}$ و $\vec{b}$ دو بردار ثابت در فضای ۳ بعدی هستند.)

۱) $-۳\vec{a}\cdot\vec{b}$

۲) $۳\vec{a}\cdot\vec{b}$

۳) $۲\vec{a}\cdot\vec{b}$

۴) $-۲\vec{a}\cdot\vec{b}$

۶۰- اگر $\delta(x)$ تابع دلتای دیراک و a مقدار ثابتی باشد، کدام رابطه همواره درست است؟

۱) $\delta(x^۲-a^۲)=\frac{۱}{۲|a|}\big(\delta(x-a)+\delta(x+a)\big)$

۲) $\delta(x^۲-a^۲)=\frac{۱}{|a|}\big(\delta(x-a)+\delta(x+a)\big)$

۳) $\delta(x^۲-a^۲)=\frac{۱}{۲a}\big(\delta(x-a)+\delta(x+a)\big)$

۴) $\delta(x^۲-a^۲)=\frac{۱}{a}\big(\delta(x-a)-\delta(x+a)\big)$

۶۱- اگر $\vec{r}$، $\vec{p}$ و $\vec{L}$ به‌ترتیب بردارهای مکان، تکانه خطی و تکانه زاویه‌ای باشند،کدام عبارت نادرست است؟

۱) $\vec{r}\cdot\vec{p}$ کمیتی اسکالر است.

۲) $(\vec{p}\times\vec{r})$ کمیتی شبه برداری است.

۳) $(\vec{r}\times\vec{L})\cdot(\vec{p}\times\vec{L})$ کمیتی شبه اسکالر است.

۴) $(\vec{r}\times\vec{L})\times(\vec{p}\times\vec{L})$ کمیتی شبه برداری است.

۶۲- فرض کنید S سطح بسته‌ای است که حجم V را دربر گرفته است. حاصل انتگرال $\oint_S \vec{\nabla}(r^۲)\cdot\overrightarrow{dS}$ چیست؟

(بردار $\overrightarrow{dS}$ در هر نقطه از سطح، برداری عمود بر سطح و مقدار آن dS است.)

۱) $۶V$

۲) $۳V$

۳) $۲V$

۴) صفر

۶۳- با توجه به رابطه جابه‌جایی ماتریس‌های پائولی $\big[\sigma_m,\sigma_n\big]=۲i\varepsilon_{mnk}\sigma_k$ حاصل جابه‌جایی $\big[(\vec{a}\cdot\vec{\sigma}),(\vec{b}\cdot\vec{\sigma})\big]$ کدام است؟ ($\vec{\sigma}=\sigma_۱\hat{i}+\sigma_۲\hat{j}+\sigma_۳\hat{k}$ و $\vec{a}$ و $\vec{b}$ بردارهایی ثابت هستند.)

۱) $-۲i(\vec{a}\cdot\vec{b})\times\vec{\sigma}$

۲) $۲i(\vec{a}\cdot\vec{b})\times\vec{\sigma}$

۳) $۲i(\vec{a}\times\vec{b})\cdot\vec{\sigma}$

۴) $-۲i(\vec{a}\times\vec{b})\cdot\vec{\sigma}$

۶۴- تابع مولد چند جمله‌ای‌های هرمیت به شکل $e^{۲tx-t^۲}=\sum_{n=۰}^{\infty}\frac{H_n(x)}{n!}t^n$ است. کدام ویژگی برای چند جمله‌ای‌های هرمیت نادرست است؟ (پرایم به معنای مشتق‌گیری است.)

۱) $H_{۲n}(x=۰)=۰$

۲) $H_n''(x)-۲xH_n'(x)+۲nH_n(x)=۰$

۳) $H_n'(x)=۲nH_{n-۱}(x) \quad \text{for } n\geq ۱$

۴) $H_۲(x)=۴x^۲-۲$

۶۵- اگر تابع $\tilde{f}(k)$ تبدیل فوریه تابع $f(x)$ باشد یعنی $\tilde{f}(k)=\frac{۱}{\sqrt{۲\pi}}\int_{-\infty}^{\infty}dx f(x)e^{-ikx}$ کدام رابطه درست است؟

۱) $\int_{-\infty}^{\infty}dx|f(x)|=\int_{-\infty}^{\infty}dk\,|\tilde{f}(-k)|\phi$

۲) $\int_{-\infty}^{\infty}dx\,|f(x)|^۲=\int_{-\infty}^{\infty}dk\,|\tilde{f}(k)|^۲$

۳) $\int_{-\infty}^{\infty}dx\,f^۲(x)=\int_{-\infty}^{\infty}dk\,\tilde{f}^۲(k)$

۴) $\int_{-\infty}^{\infty}dx\,f(x)=\int_{-\infty}^{\infty}dk\,\tilde{f}(-k)$

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

۶۶- مجموعه‌ای متشکل از N ذره هر یک به جرم m_i و بردار مکان $\vec{r}_i$ در نظر بگیرید. اگر $\vec{R}$ بردار مکان مرکز جرم و M جرم کل مجموعه باشند، کدام رابطه درست است؟ $(\vec{r}_{ij}=\vec{r}_j-\vec{r}_i)$

۱) $M^۲R^۲=\sum_{i=۱}^{N}m_i^۲r_i^۲-\sum_{i=۱}^{N}\sum_{j=۱}^{N}m_im_jr_{ij}^۲$

۲) $M^۲R^۲=M\sum_{i=۱}^{N}m_ir_i^۲-\sum_{i=۱}^{N}\sum_{j=۱}^{N}m_im_jr_{ij}^۲$

۳) $M^۲R^۲=\sum_{i=۱}^{N}m_i^۲r_i^۲-\frac{۱}{۲}\sum_{i=۱}^{N}\sum_{j=۱}^{N}m_im_jr_{ij}^۲$

۴) $M^۲R^۲=M\sum_{i=۱}^{N}m_ir_i^۲-\frac{۱}{۲}\sum_{i=۱}^{N}\sum_{j=۱}^{N}m_im_jr_{ij}^۲$

۶۷- در مسئله نوسانگر یک بعدی میرا با معادله حرکت $\ddot{x}+۲\gamma\dot{x}+\omega^۲x=۰$ که γ و ω دو ضریب مثبت هستند، در چه شرایطی حالت فوق‌میرا وجود دارد؟

۱) $\gamma>\omega$

۲) $\gamma<\omega$

۳) $\gamma=\omega$

۴) $\omega/۲<\gamma<\omega$

۶۸- دو مهره یکسان هر یک به جرم m مقید به حرکت روی یک حلقه افقی هستند. دو فنر یکسان سبک با ثابت فنر k دو مهره را به یکدیگر وصل می‌کنند و مطابق شکل زیر به دور فنر پیچیده شده‌اند. از اصطکاک میان سطوح چشم‌پوشی شود. فرکانس زاویه‌ای مدهای طبیعی این مجموعه کدام است؟

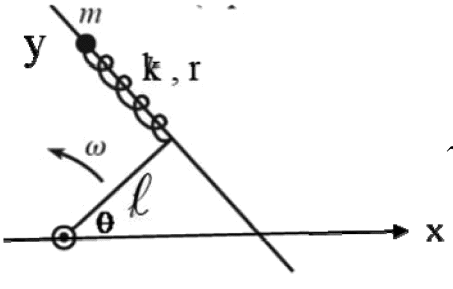
۱) $\omega_۱ = \sqrt{k/m}\ ,\ \omega_۲ = ۲\sqrt{k/m}$

۲) $\omega_۱ = \sqrt{۲k/m}\ ,\ \omega_۲ = ۲\sqrt{k/m}$

۳) $\omega_۱ = ۰\ ,\ \omega_۲ = ۲\sqrt{k/m}$

۴) $\omega_۱ = ۰\ ,\ \omega_۲ = \sqrt{۲k/m}$

۶۹- در شکل زیر میله T شکل شامل یک میله بلند است که به یک سر میله کوتاهی به طول ℓ به‌طور عمودی جوش خورده است. سر دیگر میله کوتاه به مبدأ مختصات چنان لولا شده که کل میله T با سرعت زاویه‌ای ثابت ω در صفحه‌ای موازی افق می‌چرخد. مهره‌ای به جرم m می‌تواند روی میله بلند آزادانه حرکت کند و توسط یک فنر با ثابت فنر k به محل جوش دو میله متصل است. فاصله مهره تا محل جوش r است. از اصطکاک سطوح و جرم میله T چشم‌پوشی شود. لاگرانژین مجموعه کدام است؟



۱) $\mathcal{L} = \frac{m}{۲}\left(\dot{r}^۲ + (r^۲ + \ell^۲)\omega^۲ + \ell\dot{r}\omega\sin(۲\theta)\right) - k r^۲$

۲) $\mathcal{L} = \frac{m}{۲}\left(\dot{r}^۲ + (r^۲ + \ell^۲)\omega^۲ + ۲\ell\dot{r}\omega - ۲\dot{r}\omega\sin(۲\theta)\right) - \frac{۱}{۲}k r^۲$

۳) $\mathcal{L} = \frac{m}{۲}\left(\dot{r}^۲ + (r^۲ + \ell^۲)\omega^۲ + ۲\ell\dot{r}\omega\right) - \frac{۱}{۲}k r^۲$

۴) $\mathcal{L} = \frac{m}{۲}\left(\dot{r}^۲ + (r^۲ + \ell^۲)\omega^۲ - ۲\ell\dot{r}\omega\right) - \frac{۱}{۲}k r^۲$

۷۰- ذره‌ای به جرم m با سرعت اولیه $v_۰$ از فاصله بی‌نهایت دور از پتانسیل مرکزی $V(r) = -\frac{C}{۳r^۳}$ با پارامتر برخورد b به‌سمت آن حرکت می‌کند. C ضریب ثابت مثبتی است. V_{eff}^{max} بیشینه انرژی پتانسیل مؤثر ذره چقدر است؟

۱) $V_{eff}^{max} = \frac{m v_۰^۳ b^۳}{۳C}$

۲) $V_{eff}^{max} = \frac{m v_۰^۳ b^۳}{۶C}$

۳) $V_{eff}^{max} = \frac{m^۲ v_۰^۶ b^۶}{۳C^۲}$

۴) $V_{eff}^{max} = \frac{m^۲ v_۰^۶ b^۶}{۶C^۲}$

۷۱- ذره‌ای به جرم m حول سیاره‌ای به جرم M در مداری سهمی با معادله $y=\frac{x^۲}{(۴a)}$ می‌چرخد که a فاصله کانونی سهمی است. ممنتوم زاویه‌ای ذره کدام است؟ (G ثابت جهانی گرانش است.)

۱) $m\sqrt{GMa}$

۲) $m\sqrt{۲GMa}$

۳) $m\sqrt{(GMa)/۲}$

۴) $m\sqrt{(GMa)/۴}$

۷۲- کدام عبارت در مورد تابع لاگرانژین یک سیستم نادرست است؟

۱) اگر لاگرانژین، تابع صریحی از زمان نباشد هامیلتونی ثابت حرکت است.

۲) معادله‌های لاگرانژ در تمام دستگاه‌های مختصات، شکل یکسانی دارند.

۳) مقدار این تابع می‌تواند در دستگاه‌های مختصات مختلف، متفاوت باشد.

۴) شکل این تابع می‌تواند در دستگاه‌های مختصات مختلف، متفاوت باشد.

۷۳- لاگرانژین یک مجموعه $\mathcal{L}=\frac{M}{۲}\dot{x}^۲+\frac{m}{۲}(\dot{x}^۲+\ell^۲\dot{\theta}^۲+۲\ell\dot{x}\dot{\theta}\cos\theta)+mg\ell\cos\theta$ است که در آن M، m، ℓ و g ضرایب ثابتی هستند. معادله‌های حرکت برای مختصه‌های x و θ کدامند؟

۱) $(M+m)\ddot{x}+m\ell\ddot{\theta}\cos\theta-m\ell\dot{\theta}^۲\sin\theta=۰\ ,\ \ \ell\ddot{\theta}+\ddot{x}\cos\theta+g\sin\theta=۰$

۲) $(M+m)\ddot{x}+m\ell\ddot{\theta}\cos\theta+m\ell\dot{\theta}^۲\sin\theta=۰\ ,\ \ \ell\ddot{\theta}+\ddot{x}\cos\theta-g\sin\theta=۰$

۳) $(M+m)\ddot{x}+m\ell\ddot{\theta}\cos\theta-m\ell\dot{\theta}^۲\sin\theta=۰\ ,\ \ \ell\ddot{\theta}+\ddot{x}\cos\theta+\dot{x}\dot{\theta}\sin\theta+g\sin\theta=۰$

۴) $(M+m)\ddot{x}+m\ell\ddot{\theta}\cos\theta+m\ell\dot{\theta}^۲\sin\theta=۰\ ,\ \ \ell\ddot{\theta}+\ddot{x}\cos\theta-\dot{x}\dot{\theta}\sin\theta+g\sin\theta=۰$

۷۴- لاگرانژین یک سیستم به شکل زیر است:

$$\mathcal{L}=a\dot{x}^۲+b\frac{\dot{y}}{x}+c\dot{x}\dot{y}+dy^۲\dot{x}\dot{z}+f\dot{y}-g\sqrt{x^۲+y^۲}$$

که در آن a، b، c، d، f و g ضریب‌های ثابتی هستند. H هامیلتونین این سیستم کدام است؟

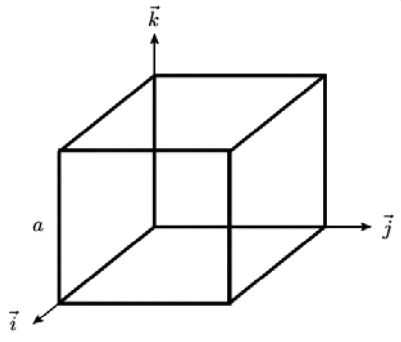
۱) $H=\frac{۱}{y^۲d}p_xp_z-\frac{a}{y^۴d^۲}p_z^۲+g\sqrt{x^۲+y^۲}$

۲) $H=\frac{۱}{y^۲d}p_xp_y-\frac{a}{y^۴d^۲}p_z^۲+g\sqrt{x^۲+y^۲}$

۳) $H=\frac{۱}{y^۲d}p_xp_y-\frac{a}{y^۴d^۲}p_z^۲+fp_y+g\sqrt{x^۲+y^۲}$

۴) $H=\frac{۱}{y^۲d}p_xp_z-\frac{a}{y^۴d^۲}p_z^۲-fp_y+g\sqrt{x^۲+y^۲}$

۷۵- مکعب توپری به‌طول ضلع a و چگالی یکنواخت ρ در نظر بگیرید. کدام رابطه در مورد I_{ij} مؤلفه‌های تانسور اینرسی این مکعب نسبت به دستگاه مختصات نشان داده شده درست است؟



۱) $I_{۱۱}=I_{۲۲}=\frac{۲}{۳}\rho a^۵ > I_{۳۳}$ و $I_{۱۳}=I_{۲۳}=\frac{۱}{۸}\rho a^۵ < I_{۱۲}$

۲) $I_{۱۱}=I_{۲۲}=\frac{۳}{۴}\rho a^۵ < I_{۳۳}$ و $I_{۱۳}=I_{۲۳}=-\frac{۱}{۸}\rho a^۵ > I_{۱۲}$

۳) $I_{۱۱}=I_{۲۲}=I_{۳۳}=\frac{۲}{۳}\rho a^۵$ و $I_{۱۲}=I_{۱۳}=I_{۲۳}=-\frac{۱}{۴}\rho a^۵$

۴) $I_{۱۱}=I_{۲۲}=I_{۳۳}=\frac{۲}{۳}\rho a^۵$ و $I_{۱۲}=I_{۱۳}=I_{۲۳}=\frac{۱}{۴}\rho a^۵$

۷۶- ممان‌های اینرسی اصلی جسم صلبی رابطه $I_۱ < I_۲ < I_۳$ با هم دارند و گشتاور خارجی بر جسم صفر است. اگر $\vec{\omega}$ بردار سرعت زاویه‌ای جسم و $\hat{e}_i$ $(i=۱,۲,۳)$ بردارهایی‌که در امتداد محورهای اصلی جسم باشند، کدام عبارت در مورد پایداری حرکت دورانی جسم درست است؟ (C مقدار ثابت مثبتی است.)

۱) حرکت جسم درحالتی‌که $\vec{\omega}=C\hat{e}_۱$ یا $\vec{\omega}=C\hat{e}_۲$ باشد پایدار و در حالت $\vec{\omega}=C\hat{e}_۳$ ناپایدار است.

۲) حرکت جسم درحالتی‌که $\vec{\omega}=C\hat{e}_۱$ یا $\vec{\omega}=C\hat{e}_۳$ باشد پایدار و در حالت $\vec{\omega}=C\hat{e}_۲$ ناپایدار است.

۳) حرکت جسم درحالتی‌که $\vec{\omega}$ در امتداد هر یک از محورهای اصلی باشد $(\vec{\omega}=C\hat{e}_i)$ پایدار است.

۴) حرکت جسم درحالتی‌که $\vec{\omega}$ در امتداد هر یک از محورهای اصلی باشد $(\vec{\omega}=C\hat{e}_i)$ ناپایدار است.

۷۷- توپی از ارتفاع H بر روی صفحه افقی ثابتی در امتداد قائم رها می‌شود. اگر در برخورد توپ با صفحه ضریب بازگشت β باشد $(\beta<۱)$، D مقدار مسافتی که توپ قبل از توقف طی می‌کند، کدام است؟

۱) $D=\left(\frac{۱+\beta}{۱-\beta}\right)^۲ H$

۲) $D=\left(\frac{۱+\beta^۲}{۱-\beta^۲}\right)^{\frac{۱}{۲}} H$

۳) $D=\left(\frac{۱+\beta}{۱-\beta}\right)H$

۴) $D=\left(\frac{۱+\beta^۲}{۱-\beta^۲}\right)H$

۷۸- یک دستگاه مختصات متعامد S با محورهای x ، y و z در حال چرخش با سرعت زاویه‌ای ثابت $\vec{\omega}$ نسبت به دستگاه مختصات متعامد اینرسی S' با محورهای مختصات x'، y' و z' است. مبدأ دو دستگاه مختصات بر هم منطبق است. اگر $\vec{v}$ و $\vec{v}'$ به‌ترتیب بردارهای سرعت ذره در S و S' و $\vec{r}$ بردار مکان ذره باشند و $\vec{\omega}=\omega\hat{k}$، کدام رابطه درست است؟

۱) $v'^۲=\dot{x}^۲+\dot{y}^۲+\dot{z}^۲+\omega(x\dot{y}-y\dot{x})-۲\omega^۲(x^۲+y^۲)$

۲) $v'^۲=\dot{x}^۲+\dot{y}^۲+\dot{z}^۲+۲\omega(x\dot{y}-y\dot{x})+\omega^۲(x^۲+y^۲)$

۳) $v'^۲=\dot{x}^۲+\dot{y}^۲+\dot{z}^۲-۲\omega(x\dot{y}-y\dot{x})-\omega^۲(x^۲+y^۲)$

۴) $v'^۲=\dot{x}^۲+\dot{y}^۲+\dot{z}^۲+\omega(x\dot{y}-y\dot{x})+۲\omega^۲(x^۲+y^۲)$

۷۹- بار q به‌طور یکنواخت در امتداد محور z از $z=-\frac{a}{۲}$ تا $z=\frac{a}{۲}$ توزیع شده است. چگالی بار حجمی این توزیع بار کدام است؟ ($\delta(x)$ تابع دلتای دیراک و $\Theta(x)$ تابع پله‌ای هستند.)

۱) $\rho(x,y,z)=\frac{q}{a}\delta(x)\delta(y)\Theta(\frac{a}{۲}-|z|)$

۲) $\rho(x,y,z)=\frac{q}{a}\delta(x)\delta(y)\delta(\frac{a}{۲}-|z|)$

۳) $\rho(x,y,z)=q\,\delta(x)\delta(y)\Theta(\frac{a}{۲}-|z|)$

۴) $\rho(x,y,z)=q\,\delta(x)\delta(y)\delta(\frac{a}{۲}-|z|)$

۸۰- بار Q به‌طور یکنواخت روی سطح کره‌ای به شعاع R توزیع شده است. مرکز کره بر مبدأ مختصات منطبق است. مؤلفه‌های تانسور چهارقطبی $q_{ij}=\int(۳r_ir_j-r^۲\delta_{ij})\rho(\vec{r})d^۳r$ این توزیع بار کدام است؟

۱) $q_{xx}=q_{yy}=q_{zz}=QR^۲$ و بقیه مؤلفه‌های q_{ij} برابر $\frac{۱}{۳}QR^۲$ هستند.

۲) $q_{xx}=q_{yy}=q_{zz}=\frac{۱}{۳}QR^۲$ و بقیه مؤلفه‌های q_{ij} برابر $\frac{۱}{۶}QR^۲$ هستند.

۳) $q_{xx}=q_{yy}=q_{zz}=۰$ و بقیه مؤلفه‌های q_{ij} برابر $\frac{۱}{۳}QR^۲$ هستند.

۴) $q_{xx}=q_{yy}=q_{zz}=\frac{۱}{۳}QR^۲$ و بقیه مؤلفه‌های q_{ij} برابر صفرند.

۸۱- دو استوانه بلند توخالی هم محور فلزی در نظر بگیرید: استوانه داخلی به شعاع a و پتانسیل $V_۰$ و استوانه بیرونی به شعاع b و پتانسیل صفر است. پتانسیل الکتریکی $\phi(\vec{r})$ در ناحیه $a<r<b$ کدام است؟ (r فاصله یک نقطه از محور مشترک دو استوانه و این محوردر امتداد محور z است.)

۱) $\frac{V_۰}{\ln(a/b)}\ln(r/b)$

۲) $\frac{V_۰}{e-۱}\left(e^{(b-r)/(b-a)}-۱\right)$

۳) $\frac{V_۰}{b-a}(b-r)$

۴) $\frac{V_۰}{(r/a)}\ln(r/b)$

۸۲- کره رسانایی با شعاع R و بار Q درون محیطی نامتناهی با ضریب گذردهی $\varepsilon = \varepsilon_\circ \left(1+\frac{R}{r}\right)^۲$ قرار دارد که r فاصله از مرکز کره است. انرژی الکتریکی ذخیره شده در کل فضا کدام است؟

۱) $\frac{Q}{۲\pi\varepsilon_\circ R}$

۲) $\frac{Q}{۸\pi\varepsilon_\circ R}$

۳) $\frac{Q}{۶\pi\varepsilon_\circ R}$

۴) $\frac{Q}{۱۶\pi\varepsilon_\circ R}$

۸۳- پوسته استوانه‌ای دی‌الکتریک توخالی بسیار بلندی به شعاع داخلی a و شعاع خارجی b و ضریب گذردهی ε در یک میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E}_\circ = E_\circ \hat{i}$ قرار دارد. محور استوانه در امتداد محور z است. پتانسیل الکتریکی در نواحی مختلف در مختصات استوانه‌ای به شکل زیر داده شده است.

$$U(r,\varphi)=\begin{cases} -E_\circ r\cos\varphi+\frac{A\cos\varphi}{r} & r>b \\ Cr\cos\varphi+\frac{D\cos\varphi}{r} & a<r<b \\ -E_۳ r\cos\varphi & r<a \end{cases}$$

که در آن A، C، D و $E_۳$ ضریب‌های ثابتی هستند. کدام رابطه میان این مقادیر ثابت نادرست است؟ $(\varepsilon_r = \varepsilon/\varepsilon_\circ)$

۱) $b^۲(\varepsilon_r C + E_\circ) = \varepsilon_r D - A$

۲) $a^۲(\varepsilon_r C - E_۳) = \varepsilon_r D$

۳) $b^۲(C + E_\circ) = A - D$

۴) $a^۲(C + E_۳) = -D$

۸۴- دو میله نازک بسیار بلند موازی هم در امتداد محور z اولی با چگالی طولی λ در مکان $x=\circ$ و دومی با چگالی طولی $-\lambda$ در مکان $x=a$ قرار دارند. معادله سطح هم‌پتانسیل $V_\circ$ کدام است؟

۱) $\frac{x^۲}{a^۲(c-۱)^۲}+\frac{y^۲}{a^۲}=۱$ که در آن $c = ۴\pi\varepsilon_\circ V_\circ/\lambda$ است.

۲) $\frac{x^۲}{a^۲(c-۱)^۲}-\frac{y^۲}{۲a^۲}=۱$ که در آن $c = ۲\pi\varepsilon_\circ V_\circ/\lambda$ است.

۳) $\left(x-\frac{۲ac}{c-۱}\right)^۲ + y^۲ = \frac{۴ca^۲}{(c-۱)^۲}$ که در آن $c = e^{۲\pi\varepsilon_\circ V_\circ/\lambda}$ است.

۴) $\left(x-\frac{ac}{c-۱}\right)^۲ + y^۲ = \frac{ca^۲}{(c-۱)^۲}$ که در آن $c = e^{۴\pi\varepsilon_\circ V_\circ/\lambda}$ است.

۸۵- اگر پتانسیل الکتریکی در صفحه xz به شکل $V = V_0 \sin(px)$ باشد که در آن V_0 و p ضریب‌های ثابت مثبتی هستند. پتانسیل الکتریکی در ناحیه $y \geq 0$ کدام تابع می‌تواند باشد؟

۱) $V = V_0 (1 - py^2) \sin(px)$

۲) $V = V_0 e^{-py} \sin(px)$

۳) $V = V_0 (1 - \sin(py)) \sin(px)$

۴) $V = V_0 (1 - pye^{py}) \sin(px)$

۸۶- نور از محیطی با ضریب شکست n_1 با زاویه تابش θ_1 به فصل مشترک این محیط با محیط دیگری با ضریب شکست n_2 برخورد کرده و با زاویه شکست θ_2 وارد آن می‌شود. ضریب بازتاب برای قطبش‌های s و p کدام است؟

۱) $R_s = \left(\frac{\tan(\theta_2 - \theta_1)}{\tan(\theta_2 + \theta_1)}\right)^2$ و $R_p = \left(\frac{\sin(\theta_2 - \theta_1)}{\sin(\theta_2 + \theta_1)}\right)^2$

۲) $R_s = \left(\frac{\sin(\theta_2 - \theta_1)}{\sin(\theta_2 + \theta_1)}\right)^2$ و $R_p = \left(\frac{\tan(\theta_2 - \theta_1)}{\tan(\theta_2 + \theta_1)}\right)^2$

۳) $R_s = \left(\frac{2\cos\theta_1 \sin\theta_2}{\sin(\theta_2 + \theta_1)}\right)^2$ و $R_p = \left(\frac{\sin(\theta_2 - \theta_1)}{\sin(\theta_2 + \theta_1)}\right)^2$

۴) $R_s = \left(\frac{\tan(\theta_2 - \theta_1)}{\tan(\theta_2 + \theta_1)}\right)^2$ و $R_p = \left(\frac{2\cos\theta_1 \sin\theta_2}{\tan(\theta_2 + \theta_1)}\right)^2$

۸۷- کره‌ای به شعاع R درون میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{H} = H_0 \hat{k}$ قرار داده می‌شود. مرکز کره در مبدأ مختصات است. φ_m پتانسیل اسکالر مغناطیسی در مختصات کروی به شکل زیر است:

$$\varphi_m = \begin{cases} A r \cos\theta & r < R \\ D r \cos\theta + C / r^2 \cos\theta & r > R \end{cases}$$

اگر کره رسانای کاملی باشد که در فضای آزاد است. مقدار ضرایب ثابت A، C و D کدام است؟

۱) $A = -H_0 \quad , \quad D = 0 \quad , \quad C = -R^3 A / 2 = R^3 H_0 / 2$

۲) $A = -H_0 \quad , \quad D = 0 \quad , \quad C = R^3 A / 2 = -R^3 H_0 / 2$

۳) $A = 0 \quad , \quad D = -H_0 \quad , \quad C = -R^3 D / 2 = R^3 H_0 / 2$

۴) $A = 0 \quad , \quad D = -H_0 \quad , \quad C = R^3 D / 2 = -R^3 H_0 / 2$

۸۸- دو سیم مستقیم بسیار بلند موازی حامل جریان الکتریکی یکسان I در جهت‌های مخالف هستند. $\vec{A}$ پتانسیل برداری مغناطیسی در نقطه‌ای خارج از دو سیم و به فاصله r_1 از سیم اول و r_2 از سیم دوم کدام است؟ ($\hat{k}$ بردار یکّه در امتداد سیم اول و هم جهت با جریان آن و $\vec{r}_i = r_i \hat{r}_i$ است.)

۱) $\vec{A} = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \hat{k}$

۲) $\vec{A} = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right) \hat{k}$

۳) $\vec{A} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} (\vec{r}_2 - \vec{r}_1) \times \hat{k}$

۴) $\vec{A} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} (\vec{r}_1 - \vec{r}_2) \times \hat{k}$

۸۹- از میان عناصر آلومینیوم، مس، نقره، سدیم، جیوه، بیسموت، نیکل و تنگستن کدامین در دمای اتاق خاصیت دیامغناطیسی از خود نشان می‌دهند؟

۱) مس، نقره، جیوه، بیسموت
۲) مس، سدیم، جیوه، تنگستن
۳) آلومینیوم، نقره، بیسموت، تنگستن
۴) آلومینیوم، مس، نقره، نیکل

۹۰- یک کره از جنس ماده مغناطیسی به شعاع R و مغناطش $\vec{M}(x,y,z)=(ax^2+bxy)\hat{i}-cyz\hat{k}$ که a، b و c مقادیر ثابتی دارند در نظر بگیرید. مرکز کره بر مبدأ مختصات منطبق است. ρ_M چگالی قطب مغناطیسی و σ_M چگالی سطحی قطب مغناطیسی برای این جسم کدامند؟

۱) $\rho_M=2ax-cy \quad , \quad \sigma_M=(cyz^2-ax^3-bx^2y)/R$
۲) $\rho_M=-2ax+cy \quad , \quad \sigma_M=(ax^3+bx^2y-cyz^2)/R$
۳) $\rho_M=-2ax-by+cy \quad , \quad \sigma_M=(ax^3+bx^2y+bxy^2-cyz^2)/R$
۴) $\rho_M=2ax+by-cy \quad , \quad \sigma_M=(cyz^2-ax^3-bx^2y-bxy^2)/R$

۹۱- یک حلقه جریان به شعاع R و جریان I، در یک دستگاه مختصات دکارتی چنان قرار گرفته که صفحه آن موازی صفحه xy و مرکزش روی محور مثبت z به فاصله d از مبدا مختصات و جهت جریان پادساعتگرد است. نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی $\vec{B}=\beta\vec{r}/r^3$ به این حلقه وارد می‌شود کدام است؟ (β ضریب ثابت مثبت و $\vec{r}$ بردار مکان یک نقطه است.)

۱) $\frac{2\pi\beta IR^2}{(R^2+d^2)^{3/2}}\hat{k}$
۲) $\frac{2\pi\beta IRd}{(R^2+d^2)^{3/2}}\hat{k}$
۳) $-\frac{2\pi\beta IRd}{(R^2+d^2)^{3/2}}\hat{k}$
۴) $-\frac{2\pi\beta IR^2}{(R^2+d^2)^{3/2}}\hat{k}$

۹۲- مخلوطی متشکل از $N>>1$ فوتون به این شکل ساخته شده است که $N/4$ فوتون در هر یک از حالت‌های $|e_1\rangle$، $|e_2\rangle$، $\frac{1}{\sqrt{2}}(|e_1\rangle+|e_2\rangle)$ و $\frac{1}{\sqrt{2}}(|e_1\rangle-|e_2\rangle)$ هستند. احتمال پیدا کردن فوتون‌هایی در حالت $|\psi\rangle=\cos\theta|e_1\rangle+\sin\theta e^{i\varphi}|e_2\rangle$ چیست؟

۱) $\frac{1}{2}$
۲) $\frac{3}{4}$
۳) $\frac{1}{2}(3+\sin 2\theta\cos\varphi)$
۴) $\frac{1}{2}(1+\sin 2\theta\cos\varphi)$

۹۳- با استفاده از رابطه عدم قطعیت $\Delta x\,\Delta p \geq \hbar / ۲$ کمینه انرژی جنبشی الکترون در حالت پایه اتم هیدروژن چند eV است؟ $(m_e = ۹\times ۱۰^{-۳۱}\,kg)$

۱) ۱۰/۲

۲) ۶/۸

۳) ۳/۴

۴) ۱/۷

۹۴- ذره‌ای به جرم m تحت‌تأثیر انرژی پتانسیل $V(x) = \lambda\,(x/a)^{۲k}$ که در آن $\lambda > ۰$ و k عدد صحیح مثبتی است، حرکت می‌کند. ترازهای انرژی E_n که بنا بر قانون کوانتش بور ـ زمرفلد به‌دست می‌آیند کدام است؟

$$C_k = \int_{-۱}^{۱} \sqrt{۱-y^{۲k}}\,dy$$

۱) $E_n = \left(\dfrac{n\,h\,\lambda^{۱/(۲k)}}{\sqrt{۸m}\,C_k\,a}\right)^{k/(۲k+۱)}$

۲) $E_n = \left(\dfrac{n\,h\,\lambda^{۱/(۲k)}}{\sqrt{۸m}\,C_k\,a}\right)^{۲k/(k+۱)}$

۳) $E_n = \left(\dfrac{n\,h\,\lambda^{۱/(۲k)}}{\sqrt{۲m}\,C_k\,a}\right)^{۲k/(k+۱)}$

۴) $E_n = \left(\dfrac{n\,h\,\lambda^{۱/(۲k)}}{\sqrt{۲m}\,C_k\,a}\right)^{k/(k+۱)}$

۹۵- تابع موج ذره‌ای در یک بعد در لحظه $t = ۰$ به شکل $\psi(x) = \begin{cases} ۰ & x < ۰ \\ \sqrt{۲}\,e^{-x/L} & x \geq ۰ \end{cases}$ که L مقدار ثابت مثبتی است. احتمال آن که ذره در ناحیه $x \geq L$ یافت شود تقریبا چند درصد است؟ $(e \simeq ۲/۷۲)$

۱) ۱۸/۴

۲) ۳۶/۸

۳) ۱۳/۵

۴) ۲۷/۰

۹۶- اگر هامیلتونی یک سیستم یک بعدی به شکل $H = \dfrac{p^۲}{۲m} + V(x)$ باشد، تغییرات زمانی متوسط عملگر xp در یک حالت دلخواه بهنجار کدام است؟

۱) $\dfrac{d}{dt}\langle xp\rangle = \left\langle p^۲/m\right\rangle - \left\langle x\dfrac{dV}{dx}\right\rangle$

۲) $\dfrac{d}{dt}\langle xp\rangle = \left\langle p^۲/m\right\rangle + \left\langle x\dfrac{dV}{dx}\right\rangle$

۳) $\dfrac{d}{dt}\langle xp\rangle = \left\langle p^۲/۲m\right\rangle - \left\langle x\dfrac{dV}{dx}\right\rangle$

۴) $\dfrac{d}{dt}\langle xp\rangle = \left\langle p^۲/۲m\right\rangle + \left\langle x\dfrac{dV}{dx}\right\rangle$

۹۷- تابع موج ذره‌ای در مختصات کروی به شکل $\psi(r)=\frac{C}{r}e^{-kr}$ است که در آن k ضریب ثابت مثبت و C ضریب بهنجارش تابع موج است. مقدار متوسط عملگر x^2 در این حالت کدام است؟

۱) $\frac{\pi}{6k^2}$

۲) $\frac{1}{6k^2}$

۳) $\frac{2}{3k^2}$

۴) $\frac{1}{3k^2}$

۹۸- ذره‌ای در چاه پتانسیل بی‌نهایت یک بعدی به پهنای a در حالت پایه چاه است. احتمال آنکه در اندازه‌گیری ممنتوم خطی ذره مقدار p تا $p+dp$ به دست آید، کدام است؟

۱) $\frac{4\pi a}{(\pi^2+p^2a^2/\hbar^2)^2}\sin^2(pa/2\hbar)\,dp$

۲) $\frac{4\pi a}{(\pi^2+p^2a^2/\hbar^2)^2}\cos^2(pa/2\hbar)\,dp$

۳) $\frac{4\pi a}{(\pi^2-p^2a^2/\hbar^2)^2}\cos^2(pa/2\hbar)\,dp$

۴) $\frac{4\pi a}{(\pi^2-p^2a^2/\hbar^2)^2}\sin^2(pa/2\hbar)\,dp$

۹۹- ذره‌ای به جرم m و بار الکتریکی q که با بسامد زاویه‌ای ω در راستای x نوسان می‌کند تحت‌تأثیر میدان الکتریکی ثابت $\vec{E}=E_0\hat{i}$ قرار می‌گیرد. E_n ویژه مقدارهای انرژی ذره کدام است؟ $(n=0,1,2,\cdots)$

۱) $(n+1/2)\hbar\omega+q^2E^2/(4m\omega^2)$

۲) $(n+1/2)\hbar\omega+q^2E^2/(2m\omega^2)$

۳) $(n+1/2)\hbar\omega-q^2E^2/(4m\omega^2)$

۴) $(n+1/2)\hbar\omega-q^2E^2/(2m\omega^2)$

۱۰۰- تابع موج یک نوسان‌گر هماهنگ یک بعدی با بسامد زاویه‌ای ω در لحظه $t=0$ به صورت $\psi(x,0)=\frac{1}{\sqrt{2}}(u_0(x)-u_2(x))$ است که $u_0(x)$ و $u_2(x)$ به‌ترتیب تابع موج حالت پایه و دومین حالت برانگیخته نوسان‌گر هستند. تابع $P(x,t)$ چگالی احتمالِ حضور نوسان‌گر در لحظه t در مکان x به کدام شکل است؟ (در گزینه‌ها a و b توابعی مستقل از زمان ولی وابسته به x هستند.)

۱) $a+b\sin(2\omega t)$

۲) $a+b\cos(2\omega t)$

۳) $a+b\cos^2(2\omega t)$

۴) $a+b\sin^2(2\omega t)$

۱۰۱- تابع موج اتم هیدروژن در حالت پایه در فضای ممنتوم به شکل $\phi(\vec{p})=\frac{2\sqrt{2}}{\pi}\frac{(\hbar/a_0)^{5/2}}{\left(p^2+(\hbar/a_0)^2\right)^2}$ است که $p=|\vec{p}|$. بیشینهٔ اندازه ممنتوم (یعنی p) در این حالت کدام است؟ (a_0 شعاع بور است.)

۱) $\frac{1}{\sqrt{3}}\frac{\hbar}{a_0}$

۲) $\frac{1}{\sqrt{5}}\frac{\hbar}{a_0}$

۳) $\frac{\hbar}{a_0}$

۴) صفر

۱۰۲- کدام تابع، ویژه تابع عملگر L_z (مؤلفه z عملگر ممنتوم زاویه‌ای مداری) نیست؟ (x، y و z مختصات دکارتی و r، θ و φ مختصات کروی هستند.)

۱) $(x-iy)f(\theta)$

۲) $(x+iy)f(r)$

۳) $(x+iz)f(r)$

۴) $(x^2+y^2)f(z)$

۱۰۳- حالت $|j_1 j_2; jm\rangle$ ویژه حالت عملگرهای J_1^2، J_2^2، J^2 و J_z است که $\vec{J}=\vec{J}_1+\vec{J}_2$ و $J_z=J_{1z}+J_{2z}$ از اثر عملگر $\vec{J}\cdot\vec{J}_1$ بر حالت $|j_1 j_2; jm\rangle$ چه نتیجه می‌شود؟

۱) $\frac{\hbar^2}{2}\left(j(j+1)-j_1(j_1+1)-j_2(j_2+1)\right)|j_1 j_2; jm\rangle$

۲) $\frac{\hbar^2}{2}\left(j(j+1)-j_1(j_1+1)+j_2(j_2+1)\right)|j_1 j_2; jm\rangle$

۳) $\frac{\hbar^2}{2}\left(j(j+1)+j_1(j_1+1)+j_2(j_2+1)\right)|j_1 j_2; jm\rangle$

۴) $\frac{\hbar^2}{2}\left(j(j+1)+j_1(j_1+1)-j_2(j_2+1)\right)|j_1 j_2; jm\rangle$

۱۰۴- حالت یک ذره اسپین $\frac{1}{2}$ در لحظه $t=0$ ویژه حالت عملگر S_z با ویژه مقدار $+\hbar/2$ است.تحول زمانی این ذره با هامیلتونین $H=\gamma\vec{B}\cdot\vec{S}$ انجام می‌شود که $\vec{B}=B_0\hat{i}$ و $\vec{S}$ بردار عملگر اسپین و γ ضریب ثابتی است. حالت ذره در لحظه $t>0$ کدام است؟

۱) $\begin{pmatrix}\cos(\gamma B_0 t)\\ -i\sin(\gamma B_0 t)\end{pmatrix}$

۲) $\begin{pmatrix}\sin(\gamma B_0 t)\\ -i\cos(\gamma B_0 t)\end{pmatrix}$

۳) $\begin{pmatrix}\cos(\gamma B_0 t/2)\\ -i\sin(\gamma B_0 t/2)\end{pmatrix}$

۴) $\begin{pmatrix}\sin(\gamma B_0 t/2)\\ i\cos(\gamma B_0 t/2)\end{pmatrix}$

۱۰۵- نوسانگر هماهنگ ۳ بعدی همسان‌گردی به جرم m، بار الکتریکی q و بسامد زاویه‌ای ω در حالت پایه خود قرار دارد. اگر این نوسان‌گر در میدان الکتریکی اختلالی $\vec{E} = \alpha\, y\, \hat{j}$ قرار گیرد تغییر انرژی آن تا مرتبه اول اختلال کدام است؟ تابع موج حالت پایه نوسانگر هماهنگ یک بعدی به جرم m و بسامد زاویه‌ای ω به شکل $\psi_0(x) = \left(\frac{m\omega}{\pi\hbar}\right)^{1/4} e^{-\frac{m\omega}{2\hbar}x^2}$ است.

۱) $-\frac{q\alpha}{2}\left(\frac{\hbar}{m\omega}\right)$

۲) $-\frac{q\alpha}{4}\left(\frac{\hbar}{m\omega}\right)$

۳) $\frac{q\alpha}{4}\left(\frac{\hbar}{m\omega}\right)$

۴) $\frac{q\alpha}{2}\left(\frac{\hbar}{m\omega}\right)$