کد کنترل

534

E

534E

آزمون ورودی دوره‌های کارشناسی‌ارشد ناپیوستهٔ داخل ــ سال ۱۴۰۱

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

صبح پنجشنبه
۱۴۰۱/۰۲/۲۹

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

فیزیک (کد ۱۲۰۴)

تعداد سؤال: ۱۱۰ — زمان پاسخ‌گویی: ۲۷۰ دقیقه

جدول مواد امتحانی، تعداد و شمارهٔ سؤال‌ها

ردیف	مواد امتحانی	تعداد سؤال	از شمارهٔ	تا شمارهٔ
۱	زبان عمومی و تخصصی (انگلیسی)	۳۰	۱	۳۰
۲	دروس تخصصی۱ (فیزیک پایه (۱، ۲ و ۳)، فیزیک جدید، ترمودینامیک و مکانیک آماری، ریاضی فیزیک (۱و۲))	۴۰	۳۱	۷۰
۳	دروس تخصصی ۲ (مکانیک کلاسیک (۱ و ۲)، الکترومغناطیس (۱ و ۲)، مکانیک کوانتومی (۱و ۲))	۴۰	۷۱	۱۱۰

استفاده از ماشین‌حساب مجاز نیست.

این آزمون نمرهٔ منفی دارد.

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

* متقاضی گرامی، وارد نکردن مشخصات و امضا در کادر زیر، به منزلهٔ غیبت و حضور نداشتن در جلسهٔ آزمون است.

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

امضا:

زبان عمومی و تخصصی (انگلیسی):

PART A: Vocabulary

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

1- The rising death toll is ---------- largely to the growing number of elderly people, who are especially vulnerable to the flu.
1) attributed 2) converted 3) debilitated 4) transferred

2- The couple were finally ---------- by the landlord after not paying their rent for six months.
1) extended 2) elicited 3) evicted 4) evacuated

3- We have a ---------- clientele in our language program, with students from Asia, Europe and South America.
1) complex 2) diverse 3) symmetrical 4) haphazard

4- But the possibility of these adversaries acting like friends, despite their long-standing ---------- and mutual dislike, is on the horizon.
1) rivalry 2) advocacy 3) inclination 4) justification

5- Debating that aliens exist cannot be deemed an ---------- truth as we have yet to see proof of their existence.
1) unintelligible 2) insensitive 3) unforeseeable 4) incontrovertible

6- The girls wanted to set the table, but they were more of a ---------- than a help.
1) compliment 2) hindrance 3) thrill 4) pretension

7- The government is to consult the attorney general on whether the enacting of such a law would be in ---------- of the constitution.
1) provenance 2) rationalization 3) breach 4) caprice

8- Someone once joked that man blames most accidents on ----------, but feels a more personal responsibility when he makes a hole-in-one on the golf course.
1) legality 2) verdict 3) charge 4) fate

9- The trial collapsed when it became clear that the main witness for the prosecution was not ----------.
1) credible 2) singular 3) subjective 4) conjectural

10- The rising number of minority inmates in prison only goes to ---------- the stereotype that members of minority groups are bad people.
1) overlook 2) downplay 3) belie 4) perpetuate

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.

Fuel cell electric vehicles emit only water vapor and warm air, (11) ---------- no tailpipe emissions. Similar to electricity, hydrogen is an energy carrier that can be produced from various feedstocks. These feedstocks and production methods should be considered when (12) ----------.

Argonne National Laboratory's (ANL) report, *Fuel Choices for Fuel Cell Vehicles: Well-to-Wheels Energy and Emission Impacts*, analyzed greenhouse gas (GHG) (13) ---------- 10 of the most common hydrogen production and distribution pathways. ANL found that gaseous hydrogen produces (14) ---------- GHGs than liquid hydrogen in most cases. ANL also investigated hydrogen's effects on petroleum use and found that using hydrogen as a fuel (15) ---------- petroleum use by nearly %100 regardless of fuel production pathway.

11- 1) produce 2) that produces 3) to produce 4) producing

12- 1) to evaluate hydrogen emissions 2) evaluating hydrogen emissions
3) for hydrogen emissions to evaluate 4) hydrogen emissions evaluated

13- 1) emissions for 2) it is emitted as 3) is emitted for 4) to be emitted

14- 1) less of 2) as little 3) fewer 4) fewer of

15- 1) reduction 2) reduced 3) that reduces 4) to reduce

PART C: Reading Comprehension:

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

PASSAGE 1:

Black holes are regions of space-time with huge amounts of gravity. Scientists originally thought that nothing could escape the boundaries of these massive objects, including light. The precise nature of black holes has been challenged ever since Albert Einstein's general theory of relativity gave rise to the possibility of their existence. Among the most famous findings was English physicist Stephen Hawking's prediction that some particles are actually emitted at the edge of a black hole.

Physicists have also explored the workings of vacuums. In the early 1970s, as Hawking was describing how light can escape a black hole's gravitational pull, Canadian physicist William Unruh proposed that a photodetector accelerated fast enough could "see" light in a vacuum. New research from Dartmouth advances these theories by detailing a way to produce and detect light that was previously thought to be unobservable.

"In an everyday sense, the findings seem to surprisingly suggest the ability to produce light from the empty vacuum," says Miles Blencowe, the Eleanor and A. Kelvin Smith Distinguished Professor in Physics and the study's senior researcher.

"We have, in essence, produced something from nothing; the thought of that is just very cool."

In classical physics, the vacuum is thought of as the absence of matter, light, and energy. In quantum physics, the vacuum is not so empty, but filled with photons that fluctuate in and out of existence. However, such light is virtually impossible to measure.

16- What does the passage mainly discuss?

1) A new theory for detecting light in the darkness of a vacuum
2) Black holes as regions of space-time
3) How the precise nature of black holes has been challenged over time
4) The workings of vacuums in the 1970s

17- Which of the following statements is true?

1) Einstein's special theory of relativity gave rise to the definite existence of black holes.
2) Einstein predicted that some particles are actually emitted at the edge of a black hole.
3) In the 1970s, Miles Blencowe described how light can escape a black hole's gravitational pull.
4) William Unruh argued that a photodetector accelerated fast enough could "see" light in a vacuum.

18- The word "detailing" in paragraph 2 is similar in meaning to ----------.

1) describing 2) rejecting 3) refining 4) devoting

19- The phrase "in essence" in paragraph 3 is similar in meaning to ----------.

1) ultimately 2) basically 3) virtually 4) consequently

20- Where does the following sentence best fit into the passage?

With science already demonstrating that observation of light in a vacuum is possible, the team set out to find a practicable way to detect the photons.

1) End of paragraph 1 2) End of paragraph 2
3) End of paragraph 3 4) End of paragraph 4

PASSAGE 2:

New research in the MSU College of Engineering may soon guide the development of better X-rays for everyday health or improving the space satellites consumers. Peng Zhang, associate professor of electrical and computer engineering, said that in simple terms the advancement involves ways that light dances on hard surfaces. "When light impinges on material surfaces, it can cause the ejection of electrons from the surface—a phenomenon known as the photoelectric effect. High quality electron beams for tabletop particle accelerators, intense X-rays, and high power, high speed electronics need light-induced electron emissions," he explained.

So Zhang and Ph.D. student Yang Zhou studied and analyzed photoemissions from metal surfaces using laser illumination. Their theoretical tests used ultraviolet wavelengths that ranged from 200 nanometers to near-infrared wavelengths of 1200 nanometers. "Our results could help guide the development of highly efficient and bright photoelectron sources," Zhang said. "That means improvements in devices and

systems including signal amplifiers in radars and satellites for space-based communications to better medical imaging for daily health."

Their research is currently featured in an article, "Quantum model considers the effect ... on photoemission," in the American Institute of Physics *Scilight*, and "Quantum efficiency of photoemission from biased metal surfaces with laser wavelengths from UV to NIR" in the *Journal of Applied Physics* (2021).

21- Which of the following best describes the main idea of the passage?

1) MSU brightens the future of medical x-rays and space communications.
2) Better X-rays for everyday use are on the way in the MSU College of Engineering
3) Ph.D. student Yang Zhou is making new discoveries in the MSU College of Engineering
4) Peng Zhang analyzes photoemissions from metal surfaces using laser illumination.

22- What is "impinges on" in paragraph 1 similar in meaning to?

1) triggers 2) touches 3) traces 4) transports

23- The passage mentions all of the following as needing light-induced electron emissions EXCEPT----------.

1) high power, high speed electronics
2) intense X-rays
3) high-resolution electron microscopes
4) high quality electron beams for tabletop particle accelerators

24- Zhang and Zhou's theoretical tests used ultraviolet wavelengths that ranged from ----------.

1) 400 nanometers to near-infrared wavelengths of 1400 nanometers
2) 300 nanometers to near-infrared wavelengths of 1300 nanometers
3) 100 nanometers to near-infrared wavelengths of 1100 nanometers
4) 200 nanometers to near-infrared wavelengths of 1200 nanometers

25- The passage provides sufficient information to answer which of the following questions?

I. Has the phenomenon known as the photoelectric effect been defined?
II. Where have the findings of this research been published?
III. How long have Peng Zhang and Yang Zhou been working on this project?

1) I and II 2) Only II 3) Only III 4) I and III

PASSAGE 3:

Heinrich Hertz's doctoral dissertation focused on James Clerk Maxwell's theories of electromagnetism. Maxwell worked in mathematical physics until his death in 1879 and formulated what is now known as Maxwell's Equations. They describe, through mathematics, the functions of electricity and magnetism. He also predicted the existence of electromagnetic waves.

Hertz's work focused on that proof, which took him several years to achieve. He constructed a simple dipole antenna with a spark gap between the elements, and he managed to produce radio waves with it. Between 1879 and 1889, he did a series of experiments that used electrical and magnetic fields to produce waves that could be measured. He established that the velocity of the waves was the same as the speed of light, and studied the characteristics of the fields he generated, measuring their magnitude, polarization, and reflections. Ultimately, his work showed that light and other waves he measured were all a form of electromagnetic radiation that could be defined by Maxwell's equations. He proved through his work that electromagnetic

waves can and do move through the air. In addition, Hertz focused on a concept called the photoelectric effect, which occurs when an object with electrical charge loses that charge very quickly when it is exposed to light, in his case, ultraviolet radiation. He observed and described the effect, but never explained why it happened. That was left to Albert Einstein, who published his own work on the effect. He suggested that light (electromagnetic radiation) consists of energy carried by electromagnetic waves in little packets called quanta.

Hertz's studies and Einstein's later work eventually became the basis for an important branch of physics called quantum mechanics. Hertz and his student Phillip Lenard also worked with cathode rays, which are produced inside vacuum tubes by electrodes.

26- Which of the following statements is true?

1) Between 1879 and 1889, Maxwell worked on his famous equations.
2) Hertz worked in mathematical physics until his death in 1879.
3) Hertz constructed a simple dipole antenna with a spark gap between the elements.
4) Maxwell fully proved the existence of electromagnetic waves.

27- The word "their" in paragraph 2 refers to ----------.

1) polarization and reflections
2) the characteristics
3) the fields
4) experiments

28- Which of the following statements is true?

1) Einstein observed and described the photoelectric effect, but never explained why it happened.
2) Hertz proved that electromagnetic waves can and do move through the air.
3) Hertz suggested that light consists of energy carried by electromagnetic waves.
4) Maxwell focused on a concept called the photoelectric effect.

29- The word "it" in paragraph 2 refers to ----------.

1) that charge
2) electrical charge
3) an object
4) ultraviolet radiation

30- Which of the following worked with cathode rays?

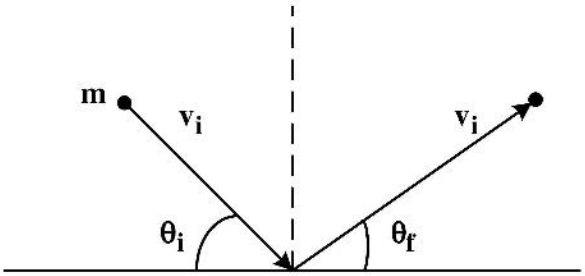
1) Maxwell and Phillip Lenard
2) Hertz and Maxwell
3) Albert Einstein
4) Hertz and Phillip Lenard

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

۳۱- معادله حرکت یک ذره که در راستای x در حرکت است برابر $x = v_0 t + v_0(b^{-1} - t)\ln(1-bt)$ است که در آن v_0 و b ضرایبی ثابت هستند. معادله سرعت این ذره کدام است؟

۱) $v_0(2-\ln(1-bt))$
۲) $-v_0\ln(1-bt)$
۳) $v_0(1-bt-\ln(1-bt))$
۴) $v_0(1+bt-\ln(1-bt))$

۳۲- گلوله‌ای به جرم m با تندی v_i و زاویه θ_i مطابق شکل زیر به سطح افقی ثابت بدون اصطکاکی برخورد غیرکشسان می‌کند به طوری که مؤلفه عمود بر سطح سرعت گلوله α برابر مقدار این مؤلفه قبل از برخورد است $(0 < \alpha < 1)$. پس از برخورد، θ_f زاویه راستای حرکت گلوله نسبت به سطح افقی کدام است؟



۱) $\tan^{-1}\left(\alpha^{-1}\tan\theta_i\right)$

۲) $\sin^{-1}\left(\alpha^{-1}\sin\theta_i\right)$

۳) $\tan^{-1}\left(\alpha\tan\theta_i\right)$

۴) $\sin^{-1}\left(\alpha\sin\theta_i\right)$

۳۳- یک میله یکنواخت به طول L از یک انتها چنان آویزان شده که می‌تواند در یک صفحه قائم دوران کند. از اصطکاک در نقطه آویز چشم‌پوشی شود. در ابتدا انتهای آزاد میله تقریباً به طور قائم بالای نقطه آویز قرار دارد و سپس رها می‌شود. شتاب زاویه‌ای میله هنگامی که با راستای قائم زاویه θ می‌سازد، کدام است؟
(شتاب گرانش برابر g است.)

۱) $\frac{۶g}{L}\cos\theta$

۲) $\frac{۶g}{L}\sin\theta$

۳) $\frac{۳g}{۲L}\cos\theta$

۴) $\frac{۳g}{۲L}\sin\theta$

۳۴- یک حلقه یکنواخت واقع در صفحه قائم را با سرعت خطی اولیه $v_\circ$ و بدون چرخش روی یک سطح افقی به حرکت در می‌آوریم. هنگامی که حرکت حلقه غلتشی کامل می‌شود، سرعت خطی آن چقدر است؟

۱) $\frac{v_\circ}{۲}$

۲) $\frac{v_\circ}{۴}$

۳) $\frac{v_\circ}{۳}$

۴) $\frac{۲v_\circ}{۳}$

۳۵- با فرض آن که چگالی متوسط آب اقیانوس $۱۰۲۰\,kg/m^۳$ و مدول حجمی آن $۲۰۰۰\,MPa$ باشد، در صورت حرکت از سطح آب به عمق ۱۵۰۰ متری، چگالی چند درصد تغییر می‌کند؟ $(g = ۹/۸\,m/s^۲)$

۱) ۰/۷۵

۲) ۷/۵

۳) ۱/۵

۴) ۰/۱۵

۳۶- یک پمپ آب را از یک مخزن ساکن تخلیه و از طریق یک لوله افقی به خارج هدایت می‌کند. برای آن که نرخ شارش آب خروجی ϕ_0 باشد لازم است توان پمپ P_0 باشد. اگر بخواهیم در همین سیستم، آب با نرخ شارش $3\phi_0$ خارج شود، توان پمپ جدید باید چند برابر P_0 باشد؟

۱) ۱

۲) ۳

۳) ۹

۴) ۲۷

۳۷- ذرات کروی شکل جامد به شعاع R و چگالی ρ_S از حالت سکون داخل یک سیال با چگالی ρ_F سقوط می‌کنند. اگر نیروی مقاومت سیال $f = 6\pi\eta R v$ باشد که در آن η ضریب چسبندگی سیال و v سرعت لحظه‌ای ذرات کروی شکل است ، تندی حدی این ذرات در سیال، کدام است؟ (شتاب گرانش برابر g است.)

۱) $\frac{2}{3\eta}(\rho_S - \rho_F)Rg$

۲) $\frac{3}{8\eta}(\rho_S - \rho_F)Rg$

۳) $\frac{2}{9\eta}(\rho_S - \rho_F)R^2g$

۴) $\frac{1}{8\eta}(\rho_S - \rho_F)R^2g$

۳۸- یک متر نواری از جنس استیل، طول یک میله از جنس مس را هنگامی که هر دو در دمای $10^\circ C$ هستند (دمای کالیبراسیون برای متر نواری)، برابر $150cm$ اندازه‌گیری می‌کند. این متر نواری در دمای $50^\circ C$ طول این میله را چه عددی نشان می‌دهد؟ (ضریب انبساط طولی استیل و مس به ترتیب $1/2\times10^{-5}\,^\circ C^{-1}$ و $1/7\times10^{-5}\,^\circ C^{-1}$ است.)

۱) ۱۵۰/۱۷

۲) ۱۵۰/۰۳

۳) ۱۵۰/۱۰

۴) ۱۵۰/۲۲

۳۹- یک ظرف شیشه‌ای به حجم $400cm^3$ توسط لوله‌ای با حجم ناچیز به یک ظرف شیشه‌ای به حجم $200cm^3$ متصل است. هر دو ظرف از هوای خشک با دمای $27^\circ C$ و فشار $2atm$ پر شده‌اند. ظرف بزرگ‌تر درون محیطی با دمای $127^\circ C$و ظرف کوچک‌تر درون محیطی با دمای $-23^\circ C$ قرار داده می‌شوند. فشار نهایی مشترک دو ظرف چند اتمسفر است؟

۱) ۲/۲

۲) ۰/۳

۳) ۳/۲

۴) ۱/۱

۴۰- دمای فضای میان کهکشانی تقریبا $3K$ است. تندی جذر میانگین مربعی یک پروتون (هسته اتم هیدروژن) در این فضا چند m/s است؟ (جرم پروتون $1/6\times10^{-27}kg$ است.)

۱) ۱۶۲

۲) ۲۸۰

۳) ۱۵۵۳

۴) ۲۶۹۲

۴۱- در یک ماشین حرارتی در هر چرخه مقدار $1500kJ$ گرما از چشمه حرارتی با دمای $527^{\circ}C$ گرفته و مقدار $700kJ$ گرما به چشمه حرارتی با دمای $77^{\circ}C$ داده می‌شود. تغییر آنتروپی این مجموعه در هر چرخه بر حسب J/K کدام است؟

۱) ۷۶۰۱

۲) ۱۳/۳

۳) ۳۸۷۵

۴) ۱۲۵

۴۲- بر روی یک ریسمان موج سینوسی با بسامد زاویه‌ای ω، سرعت v و دامنه A انتشار می‌یابد. اگر جرم در واحد طول ریسمان μ باشد، متوسط توانی که توسط این موج انتقال می‌یابد کدام است؟

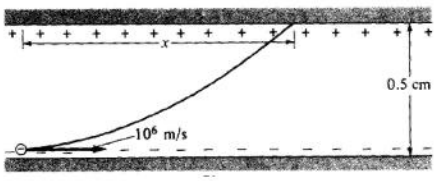
۱) $A\omega\mu v^2$

۲) $\frac{1}{2}A\omega\mu v^2$

۳) $A^2\omega^2\mu v$

۴) $\frac{1}{2}A^2\omega^2\mu v$

۴۳- مطابق شکل، الکترونی با تندی اولیه $10^6 m/s$ به طور افقی در فضای میان دو صفحه موازی باردار شلیک می‌شود. فاصله دو صفحه از هم $0/5cm$ و اندازه میدان الکتریکی میان آن دو $250N/C$ است. اگر فضای میان دو صفحه خلا باشد، x فاصله افقی که الکترون نسبت به لبهٔ سمت چپِ صفحه بالایی با آن برخورد می‌کند، کدام است؟ ($m_e = 9\times10^{-31}kg$)



۱) $15cm$

۲) $15mm$

۳) $6\mu m$

۴) $6nm$

۴۴- یک پروتون در فاصله $8\times10^{-14}m$ از یک هسته سنگین با بار $+20e$ از حال سکون رها می‌شود. تندی این پروتون در فاصله بی‌نهایت دور از هسته تقریبا چند m/s است؟ (جرم پروتون $1/7\times10^{-27}kg$ است.)

۱) $8/2\times10^3$

۲) $5/6\times10^4$

۳) $8/2\times10^6$

۴) $5/6\times10^6$

۴۵- مولفه x میدان الکتریکی ناشی از یک توزیع بار دوبعدی به شکل زیر است:

$$E_X = A\left[(x-L)(x^2+y^2-2Lx+L^2)^{-3/2} - x(x^2+y^2)^{-3/2}\right]$$

که در آن A و L مقادیر ثابتی هستند. کدام عبارت می‌تواند بیانگر مولفه y میدان الکتریکی باشد؟

۱) $$E_y = A\left[\frac{y-L}{((x-L)^2+y^2)^{3/2}} - \frac{y}{(x^2+y^2)^{3/2}}\right]$$

۲) $$E_y = A\left[\frac{y}{(x^2+y^2)^{3/2}} - \frac{y}{((x-L)^2+y^2)^{3/2}}\right]$$

۳) $$E_y = A\left[\frac{y}{((x-L)^2+y^2)^{3/2}} - \frac{y}{(x^2+y^2)^{3/2}}\right]$$

۴) $$E_y = A\left[\frac{y}{(x^2+y^2)^{3/2}} - \frac{y-L}{((x-L)^2+y^2)^{3/2}}\right]$$

۴۶- یک دستگاه اندازه‌گیری میدان مغناطیسی با استفاده از اثر هال کار می‌کند. هنگامی که اندازه میدان مغناطیسی $300\,G$ است، ولتاژ هالی که دستگاه نشان می‌دهد $20\,\mu V$ است. با همان مقدار و راستای جریان الکتریکی در یک میدان مغناطیسی مجهول، ولتاژ هالی که دستگاه نشان می‌دهد $60\,\mu V$ است. اندازه میدان مغناطیسی مجهول چند گاوس است؟

۱) ۹۰۰

۲) ۱۰۰

۳) ۲۷۰۰

۴) ۱۱

۴۷- یک سیم‌پیچ تخت با تعداد ۱۵ دور، مساحت $0/04\,m^2$ و حامل جریان $10\,A$ در جهت پاد ساعتگرد، در صفحه $x-y$ قرار دارد. اگر این سیم‌پیچ در ناحیه‌ای از فضا باشد که میدان مغناطیسی $\vec{B} = 0/2\hat{i} - 0/3\hat{j} + 0/4\hat{k}$ (بر حسب تسلا) در آن است، انرژی پتانسیل سیم‌پیچ بر حسب ژول کدام است؟ (دستگاه مختصات راستگرد است.)

۱) ۲٫۴

۲) $-2/4$

۳) $-0/6$

۴) ۰٫۶

۴۸- بر روی یک پوسته کروی نازک به شعاع R بار الکتریکی با چگالی سطحی یکنواخت σ توزیع شده است. این پوسته با فرکانس f حول محوری که از مرکز کره می‌گذرد، می‌چرخد. اندازه ممان مغناطیسی دوقطبی این پوسته کدام است؟

۱) $4\pi R^2 \sigma f$

۲) $4\pi^2 R^4 \sigma f$

۳) $\frac{4}{3}\pi^2 R^4 \sigma f$

۴) $\frac{8}{3}\pi^2 R^4 \sigma f$

۴۹- یک سیم‌پیچ با خودالقایی $60\,mH$ به یک مقاومت $4\,k\Omega$ و یک باتری $12\,V$ به طور سری بسته می‌شود. چند ثانیه پس از بسته شدن مدار، جریان به مقدار ۹۹ درصد مقدار نهایی خود می‌رسد؟ ($\ln 10 = 2/3$)

۱) $6/9\times10^{-5}$

۲) $6/9\times10^{-2}$

۳) $3/1\times10^{5}$

۴) $3/1\times10^{2}$

۵۰- در یک تلسکوپ نجومی فاصله کانونی عدسی شیء $75\,cm$ و فاصله کانونی عدسی چشمی $10\,cm$ است. برای دیدن یک جسم در فاصله $300\,cm$ از عدسی شیء، فاصله میان دو عدسی باید چند سانتی‌متر باشد؟

۱) ۱۱۰

۲) ۹۰

۳) ۷۰

۴) ۱۲۶

۵۱- طول عمر پرتویی از ذرات رادیواکتیو در حین عبور از آزمایشگاه به طور متوسط $24\,ns$ اندازه‌گیری می‌شود. طول عمر متوسط این ذرات هنگامی که در آزمایشگاه ساکن هستند $8\,ns$ است. تندی ذرات در پرتوی عبوری چند برابر تندی نور در خلاء است؟

۱) $\frac{1}{3}$

۲) $\frac{1}{\sqrt{3}}$

۳) $\frac{\sqrt{2}}{3}$

۴) $\frac{2\sqrt{2}}{3}$

۵۲- یک باکتری در روی زمین در هر ۲۷ روز به دو باکتری تقسیم می‌شود. ۲ عدد از این باکتری داخل یک سفینه قرار داده می‌شود و سفینه با تندی $0/8\,c$ از زمین دور می‌شود. پس از گذشت ۲۷۰ روز زمینی، تعداد باکتری‌ها در سفینه از دید ناظر ساکن در زمین چند است؟

۱) ۱۲۸

۲) ۶۴

۳) ۱۰۲۴

۴) ۲۰۴۸

۵۳- نسبت به ناظر اینرسی S حادثه اول در مکان $x_1 = -6\,km$ و زمان $t_1 = 2\,\mu s$ و حادثه دوم در مکان $x_2 = 6\,km$ و زمان $t_1 = 2\,\mu s$ رخ می‌دهند. ناظر S' در امتداد محور مشترک xx' نسبت به ناظر S با تندی $0/6\,c$ در حرکت است و در زمان $t = t' = 0$ مبدا مختصات دو ناظر بر هم منطبق بوده است. فاصله زمانی دو حادثه، $t'_2 - t'_1$، نسبت به ناظر S' برحسب μs کدام است؟

۱) $-19/2$

۲) $19/2$

۳) -30

۴) ۳۰

۵۴- سرعت یک الکترون در چارچوب S برابر $\vec{v} = ۰/۶c\hat{i} + ۰/۴c\hat{j}$ است. سرعت این الکترون نسبت به چارچوب S' کدام است؟ (محورهای متناظر دو چارچوب با هم موازی و هم‌جهت و سرعت S' نسبت به S برابر $\vec{u} = -۰/۵c\hat{i}$ است.)

۱) $\vec{v}' = \frac{۱۱}{۱۳}c\hat{i} + \frac{۹}{۱۳}c\hat{j}$

۲) $\vec{v}' = \frac{۱۱}{۱۳}c\hat{i} + \frac{۴}{۱۳}c\hat{j}$

۳) $\vec{v}' = \frac{۱۱}{۱۳}c\hat{i} + \frac{۲\sqrt{۳}}{۱۳}c\hat{j}$

۴) $\vec{v}' = ۰/۱c\hat{i} + ۰/۴c\hat{j}$

۵۵- یک کشتی فضایی در فضای میان ستاره‌ای در حرکت است. یک چشمه امواج رادیویی ابتدا در حال نزدیک شدن به این کشتی است و فرکانس دریافتی توسط کشتی $۱۵۰\,MHz$ است. در ادامه، چشمه رادیویی از کشتی دور می‌شود و در این حالت فرکانس دریافتی توسط کشتی $۵۰\,MHz$ است. سرعت چشمه رادیویی نسبت به کشتی فضایی کدام است؟

۱) $\frac{c}{۲}$

۲) $\frac{c}{۳}$

۳) $\frac{c}{\sqrt{۲}}$

۴) $\frac{c}{\sqrt{۳}}$

۵۶- فوتونی با طول موج $۰/۴\,nm$ با الکترونی ساکن برخورد کرده و با زاویه ۱۲۰° نسبت به راستای اولیه پراکنده می‌شود. انرژی فوتون پراکنده شده نسبت به انرژی فوتون اولیه چند درصد کاهش یافته است؟

۱) ۳۱/۰

۲) ۹۳/۰

۳) ۹/۳

۴) ۳/۱

۵۷- فاصله صفحات شبکه‌ای در یک بلور ۲/۵ آنگستروم است. اگر برای یک نور معین پراش مرتبه سوم براگ در زاویه پراکندگی ۶۰° مشاهده شود، فرکانس نور تابشی چند هرتز است؟

۱) $۲/۳\times۱۰^{۱۷}$

۲) $۴/۰\times۱۰^{۱۷}$

۳) $۲/۱\times۱۰^{۱۸}$

۴) $۳/۶\times۱۰^{۱۸}$

۵۸- اگر U انرژی داخلی، P فشار، V حجم، T دما، H انتالپی و S آنتروپی یک سیستم ترمودینامیکی باشد، کدام رابطه همواره درست است؟

۱) $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_P = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V - P$

۲) $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_P = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V + P$

۳) $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V - P$

۴) $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V + P$

۵۹- معادله حالت یک سیستم ترمودینامیکی $P(V-nB) = nCTe^{-nA/(CTV)}$ است که A، B و C ضریب‌های ثابت و P، V، T و n به ترتیب فشار، حجم، دما و تعداد مول سیستم هستند. T_c دمای بحرانی این سیستم کدام است؟

۱) $\frac{A}{۲BC}$

۲) $\frac{A}{۴BC}$

۳) $\frac{AC}{۴B}$

۴) $\frac{AC}{۲B}$

۶۰- معادله گاز واندر والس با حجم V، فشار P، دمای T و تعداد ذرات گاز N به شکل زیر است:

$$\left(P + a\frac{N^۲}{V^۲}\right)\left(\frac{V}{N} - b\right) = kT$$

که a، b و k ضرایب ثابتی هستند. اگر تعداد ذرات و دمای گاز ثابت باشد، C_V گرمای ویژه در حجم ثابت گاز در کدام رابطه صدق می‌کند؟

۱) $\left(\frac{\partial C_V}{\partial V}\right)_T = ۰$

۲) $\left(\frac{\partial C_V}{\partial P}\right)_T = ۰$

۳) $\left(\frac{\partial C_V}{\partial P}\right)_T = aT$

۴) $\left(\frac{\partial C_V}{\partial P}\right)_T = bV$

۶۱- آنتروپی یک گاز متشکل از N ذره هر یک به جرم m، که درون یک ظرف d بعدی با حجم V قرار دارد به صورت تابعی از E انرژی گاز، N و V به شکل زیر داده شده است:

$$S = Nk_B\left\{\ln\left[\frac{V}{N}\left(\frac{4\pi mE}{dNh^2}\right)^{d/2}\right]+\frac{d+2}{2}\right\}$$

کدام رابطه درست است؟ (P فشار و T دمای گاز است.)

۱) $P = \dfrac{Nk_BT}{V}$

۲) $T = \dfrac{E}{Ndk_B}$

۳) $P = \dfrac{Ndk_BT}{2V}$

۴) $T = \dfrac{E}{2Nk_B}$

۶۲- سیستمی متشکل از N نوسانگر هماهنگ ۳بعدی همسانگرد با بسامد زاویه‌ای ω و بدون برهم‌کنش با هم در دمای T درنظر بگیرید. تابع پارش این سیستم کدام است؟ ($\beta = (k_BT)^{-1}$)

۱) $Z = \left(\dfrac{e^{-3\beta\hbar\omega/2}}{1+e^{-3\beta\hbar\omega/2}}\right)^N$

۲) $Z = \left(\dfrac{e^{-\beta\hbar\omega/2}}{1+e^{-\beta\hbar\omega/2}}\right)^{3N}$

۳) $Z = \left(\dfrac{e^{-3\beta\hbar\omega/2}}{1-e^{-3\beta\hbar\omega/2}}\right)^N$

۴) $Z = \left(\dfrac{e^{-\beta\hbar\omega/2}}{1-e^{-\beta\hbar\omega/2}}\right)^{3N}$

۶۳- تابع پارش یک گاز ایده‌آل متشکل از N مولکول، هر کدام با ممان دوقطبی الکتریکی $\vec{p}$ در یک میدان الکتریکی یکنواخت $\vec{E} = E\hat{z}$ و در دمای T به شکل زیراست:

$$S = \left[4\pi \left(\frac{\sinh(\beta p E)}{\beta p E} \right) \right]^N$$

بردار قطبش متوسط این گاز کدام است؟ ($\beta = (k_B T)^{-1}$ و V حجم گاز است.)

۱) $\vec{P} = \frac{N}{V} p \left(\tanh(\beta p E) - \beta p E \right) \hat{z}$

۲) $\vec{P} = \frac{N}{V} p \left(\tanh(\beta p E) - \frac{1}{\beta p E} \right) \hat{z}$

۳) $\vec{P} = \frac{N}{V} p \left(\coth(\beta p E) - \frac{1}{\beta p E} \right) \hat{z}$

۴) $\vec{P} = \frac{N}{V} p \left(\coth(\beta p E) - \beta p E \right) \hat{z}$

۶۴- انرژی داخلی یک جامد در دمای T با رابطه $U(T) = N d^2 \hbar \omega_D \alpha^{-(d+1)} f(\alpha)$ داده می‌شود که در آن $\alpha = \hbar\omega_D / (k_B T)$ و $f(\alpha) = \int_0^\alpha \frac{x^d}{e^x - 1} dx$ است. گرمای ویژه این جامد در حد دماهای بالا، $\alpha << 1$، کدام است؟ (d، ω_D، k_B و N مقادیر ثابتی هستند.)

۱) $C = N d k_B \left(1 + \frac{d}{(d+2)} \left(\frac{\hbar\omega_D}{k_B T} \right) + O(T^{-2}) \right)$

۲) $C = N d k_B \left(1 + \frac{d}{6(d+2)} \left(\frac{\hbar\omega_D}{k_B T} \right)^2 + O(T^{-3}) \right)$

۳) $C = N d k_B \left(1 - \frac{d}{2(d+1)} \left(\frac{\hbar\omega_D}{k_B T} \right) + O(T^{-2}) \right)$

۴) $C = N d k_B \left(1 - \frac{d}{12(d+2)} \left(\frac{\hbar\omega_D}{k_B T} \right)^2 + O(T^{-3}) \right)$

۶۵- کدام عبارت نادرست است؟

۱) ماتریس‌های یکانی تحت عمل جمع ماتریسی تشکیل یک گروه می‌دهند.

۲) ماتریس‌های یکانی تحت عمل ضرب ماتریسی تشکیل یک گروه می‌دهند.

۳) ماتریس‌های هرمیتی تحت عمل جمع ماتریسی تشکیل یک گروه می‌دهند.

۴) ماتریس‌های وارون‌پذیر تحت عمل ضرب ماتریسی تشکیل یک گروه می‌دهند.

۶۶- حاصل عبارت $e^{i\pi M}$ که در آن M ماتریسی با ویژگی $M^3 = M$ است، کدام است؟

۱) $-iM$

۲) iM

۳) $-M^2$

۴) M^2

۶۷- کدام عبارت در مورد نمادهای لِوی-چیویتا ε_{ijk} که در آن $i,j,k = ۱,۲,۳$ نادرست است؟

۱) تحت هر دوران دلخواه مولفه‌های آن تغییر نمی‌کند.

۲) تحت وارونی مولفه‌های آن در یک علامت منفی ضرب می‌شوند.

۳) تحت جابجایی هر دو اندیس، پاد متقارن است.

۴) $\delta_{ij}\varepsilon_{ijk} = ۰$

۶۸- دو سری $S_۱ = \sum_{n=۱}^{\infty} \frac{(-۱)^{n-۱}}{n}$ و $S_۱ = \sum_{n=۱}^{\infty} \frac{۱}{n}$ را در نظر بگیرید. کدام عبارت در مورد همگرایی یا واگرایی این دو سری درست است؟

۱) $S_۱$ و $S_۲$ هر دو واگرا هستند.

۲) $S_۱$ و $S_۲$ هر دو همگرا هستند.

۳) $S_۱$ واگرا و $S_۲$ همگرا است.

۴) $S_۱$ همگرا و $S_۲$ واگرا است.

۶۹- اگر $Z = x + iy$ که در آن x و y مقادیری حقیقی هستند، کدام رابطه درست است؟

۱) $\tanh(Z/۲) = \frac{\sinh x + i\sin y}{\cosh x + \cos y}$

۲) $\tanh(Z/۲) = \frac{\sin x + i\sinh y}{\cos x + \cosh y}$

۳) $\tanh(Z/۲) = \frac{\sinh x + i\sin y}{\cosh x + i\cos y}$

۴) $\tanh(Z/۲) = \frac{\sin x + i\sinh y}{\cos x + i\cosh y}$

۷۰- با در نظر گرفتن تابع مولد توابع بسل $e^{(x/۲)(t-۱/t)} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(x)t^n$ کدام رابطه درست است؟

۱) $J_{n-۱}(x) + J_n(x) = \frac{۲n}{x} J_{n+۱}(x)$

۲) $J_{n-۱}(x) + J_{n+۱}(x) = \frac{۲n}{x} J_n(x)$

۳) $J_{n-۱}(x) - J_{n+۱}(x) = \frac{۲n}{x} J_n(x)$

۴) $J_{n+۱}(x) - J_n(x) = \frac{۲n}{x} J_{n-۱}(x)$

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

۷۱- بردار مکان ذره‌ای $\vec{r} = ۳\cos ۲t\hat{i} + ۳\sin ۲t\hat{j} + (۸t - ۴)\hat{k}$ است که t بر حسب ثانیه و r بر حسب متر است. شعاع انحنای مسیر در لحظه t چقدر است؟

۱) ۱/۲

۲) ۰/۱۲

۳) ۸/۳

۴) ۰/۸۳

۷۲- بردار مکان ذره‌ای که در صفحه $x-y$ بر روی یک بیضی حرکت می‌کند $\vec{r} = a\cos\omega t\hat{i} + b\sin\omega t\hat{j}$ است. شتاب مماسی ذره در لحظه $t = \pi/۴\omega$ کدام است؟

۱) $\frac{\omega^۲ ab(a-b)}{\sqrt{۲(a^۴+b^۴)}}$

۲) $\frac{\omega^۲ (a^۲-b^۲)}{\sqrt{۲(a^۲+b^۲)}}$

۳) $\frac{\omega^۲ \sqrt{ab}(a-b)}{\sqrt{۲(a^۲+b^۲)}}$

۴) $\frac{\omega^۲ \sqrt{ab}(a^۲-b^۲)}{\sqrt{۲(a^۴+b^۴)}}$

۷۳- کار نیروی $\vec{F} = \left(y^۲z^۳ - ۶xz^۲\right)\hat{i} + ۲xyz^۳\hat{j} + \left(۳xy^۲z^۲ - ۶x^۲z\right)\hat{k}$ که x، y و z بر حسب متر و F بر حسب نیوتن است، از نقطه به مختصات $(-۲m, ۱m, ۳m)$ تا نقطه $(۱m, -۲m, -۱m)$ چند ژول است؟

۱) ۱۵۵

۲) ۱۶۹

۳) ۴۷

۴) ۶۱

۷۴- معادله حرکت یک نوسانگر هماهنگ ساده به جرم m و ثابت فنر k، $x(t) = x_m\cos(\omega t + \phi)$ است. متوسط انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل نوسانگر در بازه زمانی $۰ \le t \le ۲\pi/\omega$ کدام است؟

۱) $\langle U\rangle = \frac{۱}{۴}m\omega^۲x_m^۲$ و $\langle K\rangle = \frac{۳}{۴}m\omega^۲x_m^۲$

۲) $\langle U\rangle = \frac{۱}{۲}m\omega^۲x_m^۲$ و $\langle K\rangle = \frac{۱}{۲}m\omega^۲x_m^۲$

۳) $\langle U\rangle = \frac{۱}{۸}m\omega^۲x_m^۲$ و $\langle K\rangle = \frac{۳}{۸}m\omega^۲x_m^۲$

۴) $\langle U\rangle = \frac{۱}{۴}m\omega^۲x_m^۲$ و $\langle K\rangle = \frac{۱}{۴}m\omega^۲x_m^۲$

۷۵- بسامد زاویه‌ای یک نوسانگر هماهنگ کندمیرا نصف بسامد زاویه‌ای همان نوسانگر هماهنگ بدون میرایی است. نسبت دامنه دو بیشینه متوالی نوسانگر هماهنگ کندمیرا چقدر است؟

۱) $\exp(-۲\sqrt{۳}\pi)$

۲) $\exp(-۴\sqrt{۳}\pi)$

۳) $\exp(-\sqrt{۳}\pi)$

۴) $\exp(-\sqrt{۳}\pi/۲)$

۷۶- ذره‌ای به جرم m تحت تأثیر نیروی $\vec{F}(v)=-bv^{۲}\hat{i}$ از مبدأ مختصات با سرعت اولیه $v_{\circ}\hat{i}$ روی محور x شروع به حرکت می‌کند که b و $v_{\circ}$ کمیت‌هایی مثبت‌اند. شتاب ذره در لحظه t کدام است؟

۱) $-\frac{۲bv_{\circ}^{۲}}{(m+bv_{\circ}t)}$

۲) $-\frac{bv_{\circ}^{۲}}{(m+bv_{\circ}t)}$

۳) $-\frac{۲bmv_{\circ}^{۲}}{(m+bv_{\circ}t)^{۲}}$

۴) $-\frac{bmv_{\circ}^{۲}}{(m+bv_{\circ}t)^{۲}}$

۷۷- ذره‌ای تحت تأثیر نیروی مرکزی $F(r)$ در صفحه $x-y$ بر روی منحنی $r^{۲}=a^{۲}\cos ۲\theta$ حرکت می‌کند که (r,θ) مختصات قطبی مکان ذره است. وابستگی $F(r)$ به مختصه r کدام است؟

۱) $r^{-۵}$

۲) $r^{-۷}$

۳) $r^{-۳}$

۴) $r^{-۱}$

۷۸- ماهواره‌ای بر روی یک مدار بیضی شکل می‌چرخد که نیم‌قطر بزرگ و کوچک آن به‌ترتیب a و b است. اگر زمان یک دور چرخش ماهواره در مدارش T باشد بیشینه تندی شعاعی ماهواره در مدار، کدام است؟

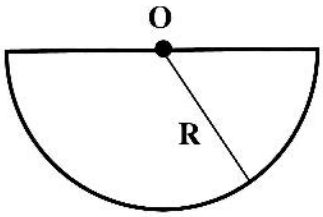
۱) $\frac{۲\pi a}{Tb}\sqrt{ab}$

۲) $\frac{۲\pi a}{Tb}\sqrt{b(a-b)}$

۳) $\frac{۲\pi a}{Tb}\sqrt{a(a-b)}$

۴) $\frac{۲\pi a}{Tb}\sqrt{a^{۲}-b^{۲}}$

۷۹- زمان تناوب نوسان‌های کوچک آونگ شکل زیر که متشکل از یک نیم‌قرص نازک و یکنواخت به شعاع R است حول نقطه O کدام است؟ (لختی دورانی قرص یکنواختی به جرم m و شعاع r حول محور عمود بر سطح و گذرنده از مرکزش $mr^2/2$ است.)



۱) $2\pi\sqrt{\frac{3\pi}{16}\frac{R}{g}}$

۲) $2\pi\sqrt{\frac{3\pi}{8}\frac{R}{g}}$

۳) $2\pi\sqrt{\frac{3\pi}{4}\frac{R}{g}}$

۴) $2\pi\sqrt{\frac{3\pi}{2}\frac{R}{g}}$

۸۰- در نیم‌کره شمالی و در عرض جغرافیایی λ رودخانه‌ای از جنوب به‌سمت شمال جریان دارد. عرض رودخانه d و سرعت آب در تمام آن یکنواخت و برابر $v_\circ$ است. اگر سرعت زاویه‌ای چرخش زمین حول محورش ω باشد، ارتفاع آب در ساحل سمت راست رودخانه چقدر بیشتر از ساحل سمت چپ است؟

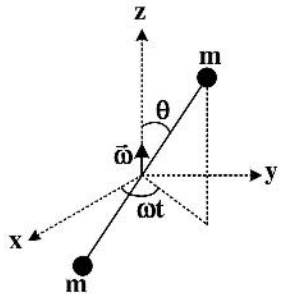
۱) $d\frac{2\omega v_\circ \sin\lambda}{\sqrt{(\omega v_\circ \sin\lambda)^2+g^2}}$

۲) $d\frac{2\omega v_\circ \sin\lambda}{\sqrt{(2\omega v_\circ \sin\lambda)^2+g^2}}$

۳) $d\frac{g}{\sqrt{(2\omega v_\circ \sin\lambda)^2+g^2}}$

۴) $d\frac{2g}{\sqrt{(\omega v_\circ \sin\lambda)^2+g^2}}$

۸۱- دو جرم نقطه‌ای m مطابق شکل زیر به دو سر میله‌ای به‌طول $2L$ وصل شده‌اند. جرم میله قابل صرف‌نظر است. این دستگاه در حالی که زاویه میله با محور z همواره ثابت و برابر θ است با سرعت زاویه‌ای $\vec{\omega}$ حول محور z می‌چرخد. مبدأ مختصات بر مرکز میله منطبق است. در مورد مؤلفه‌های تانسور لختی کدام رابطه نادرست است؟ (در لحظه $t=\circ$ میله در صفحه $x-z$ واقع است.)



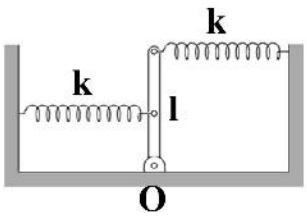
۱) $I_{xx}=2mL^2(\sin^2\theta\sin^2\omega t+\cos^2\theta)$

۲) $I_{yz}=-2mL^2\sin^2\theta\sin\omega t$

۳) $I_{zz}=2mL^2\sin^2\theta$

۴) $I_{xy}=-2mL^2\sin^2\theta\sin\omega t\cos\omega t$

۸۲- میله‌ای به‌طول l و جرم m مطابق شکل زیر در نقطه O لولا شده و می‌تواند بدون اصطکاک حول لولا بچرخد. دو فنر سبک یکسان با ثابت $k=mg/l$ به انتهای بالایی و وسط میله متصل شده‌اند. در وضعیت نشان داده شده در شکل، فنرها دارای طول عادی خود هستند. میله را اندکی از وضعیت تعادل خود در صفحه شکل منحرف و رها می‌کنیم. بسامد زاویه‌ای نوسان‌های کوچک حول حالت تعادل کدام است؟ (لختی دورانی میله حول نقطه O برابر $ml^2/3$ است.)



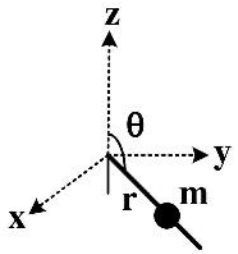
۱) $\sqrt{\frac{g}{l}}$

۲) $\sqrt{\frac{15g}{4l}}$

۳) $\sqrt{\frac{3g}{2l}}$

۴) $\sqrt{\frac{9g}{4l}}$

۸۳- مهره‌ای به جرم m می‌تواند بدون اصطکاک روی سیم مستقیم و طویلی مطابق شکل بلغزد. زاویه سیم با محور z همواره ثابت و برابر θ است. موتوری سیم و مهره را با سرعت زاویه‌ای ثابت ω حول محور z می‌چرخاند. هامیلتونی مهره کدام است؟ (r فاصله لحظه‌ای مهره تا مبدأ مختصات است.)



۱) $H=\frac{p_r^2}{2m}-\frac{1}{2}mr^2\omega^2\sin^2\theta+r\omega p_r\sin^2\theta\sin\omega t\cos\omega t-mgr\cos\theta$

۲) $H=\frac{p_r^2}{2m}+\frac{1}{2}mr^2\omega^2\sin^2\theta+r\omega p_r\sin^2\theta\sin\omega t\cos\omega t-mgr\cos\theta$

۳) $H=\frac{p_r^2}{2m}-\frac{1}{2}mr^2\omega^2\sin^2\theta-mgr\cos\theta$

۴) $H=\frac{p_r^2}{2m}+\frac{1}{2}mr^2\omega^2\sin^2\theta-mgr\cos\theta$

۸۴- بار نقطه‌ای $q_1=2\times10^{-5}\,C$ در مکان $(1m,3m,-1m)$ و بار نقطه‌ای $q_2=-4\times10^{-5}\,C$ در مکان $(-3m,1m,-2m)$ در خلاء قرار دارند. میدان الکتریکی در نقطه $(3m,1m,-2m)$ بر حسب V/m کدام است؟

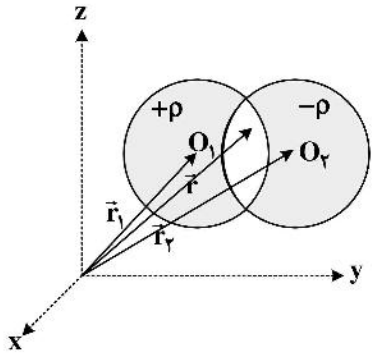
۱) $\frac{10^{-5}}{54\pi\varepsilon_0}(-2\hat{x}+6\hat{y}-\hat{z})$

۲) $\frac{10^{-5}}{108\pi\varepsilon_0}(-2\hat{x}+6\hat{y}-\hat{z})$

۳) $\frac{10^{-5}}{54\pi\varepsilon_0}(\hat{x}-4\hat{y}-2\hat{z})$

۴) $\frac{10^{-5}}{108\pi\varepsilon_0}(\hat{x}-4\hat{y}-2\hat{z})$

۸۵- دو کره هر یک به شعاع R مطابق شکل زیر دارای چگالی‌های بار حجمی یکنواخت $+\rho$ و $-\rho$ هستند و بخشی از آنها هم‌پوشانی دارند. $\vec{r}_1$ و $\vec{r}_2$ بردار مکان مرکز کره‌ها است. میدان الکتریکی در مکان دلخواه $\vec{r}$ واقع در ناحیه هم‌پوشانی کدام است؟



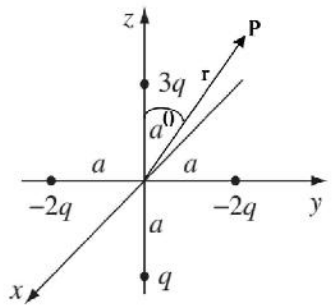
۱) $\frac{\rho R^2}{3\varepsilon_0}\frac{(\vec{r}-\vec{r}_1)}{(\vec{r}_2-\vec{r}_1)}$

۲) $\frac{\rho}{3\varepsilon_0}(\vec{r}_2-\vec{r}_1)$

۳) $\frac{\rho R^2}{3\varepsilon_0}\left(\frac{(\vec{r}-\vec{r}_1)}{|\vec{r}-\vec{r}_1|^2}-\frac{(\vec{r}-\vec{r}_2)}{|\vec{r}-\vec{r}_2|^2}\right)$

۴) $\frac{\rho R^2}{3\varepsilon_0}\frac{(\vec{r}_2-\vec{r}_1)}{r^2}$

۸۶- پتانسیل الکتریکی در نقطه P ناشی از چهار بار نقطه‌ای نشان داده شده در شکل زیر در فواصل دور $r \gg a$ کدام است؟



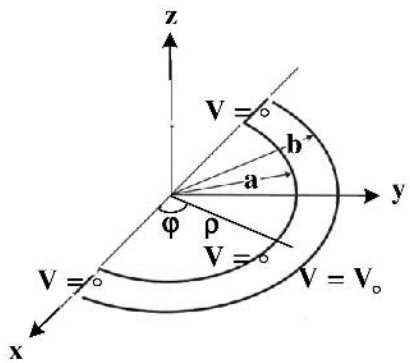
۱) $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2qa\cos\theta}{r^2}$

۲) $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}(-\frac{4q}{r^2}+\frac{2qa\cos\theta}{r^2})$

۳) $-\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{2qa\cos\theta}{r^2}$

۴) $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}(\frac{4q}{r^2}-\frac{2qa\cos\theta}{r^2})$

۸۷- در شکل زیر مقطع دو نیم‌پوسته استوانه‌ای رسانای بسیار طویل (نامتناهی) در امتداد محور z با صفحه $x-y$ نشان داده شده است. شعاع نیم‌استوانه‌ها a و b است. لبه‌های نیم‌استوانه‌ها که در صفحه $x-z$ واقع‌اند نیز توسط دو نوار تخت رسانا بسته شده‌اند. نیم‌استوانه به شعاع b در پتانسیل الکتریکی V_0 نگه داشته شده و پتانسیل الکتریکی سه سطح دیگر صفر است. پتانسیل الکتریکی در ناحیه بین دو نیم‌استوانه در مختصات استوانه‌ای، $V(\rho,\varphi)$، کدام است؟



۱) $\sum_{n=1,3,\cdots}\frac{4V_0}{n\pi}\frac{\rho^n-(a^2/\rho)^n}{\rho^n-(a^2/b)^n}\sin n\varphi$

۲) $\sum_{n=1,3,\cdots}\frac{4V_0}{n\pi}\frac{\rho^n-(a^2/\rho)^n}{\rho^n-(b^2/a)^n}\sin n\varphi$

۳) $\sum_{n=1,3,\cdots}\frac{4V_0}{n\pi}\frac{\rho^n-(a^2/\rho)^n}{b^n-(a^2/b)^n}\sin n\varphi$

۴) $\sum_{n=1,3,\cdots}\frac{4V_0}{n\pi}\frac{\rho^n-(a^2/\rho)^n}{b^n-(b^2/a)^n}\sin n\varphi$

۸۸- حجم یک جسم دی‌الکتریک V و S سطح آن است. ρ_p و σ_p به‌ترتیب چگالی بار حجمی قطبشی و چگالی بار سطحی قطبشی جسم است. اگر $\vec{P}$ بردار قطبش در نقاط مختلف جسم باشد کدام رابطه درست است؟ ($\vec{r}$ بردار مکان نقطه‌ای از جسم دی‌الکتریک نسبت به یک مبدأ مختصات و $\hat{n}$ بردار یکه عمود بر سطح است.)

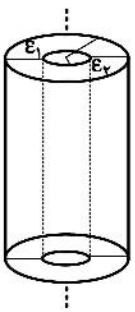
۱) $\int_V \vec{P}dv = \int_V \rho_P \vec{r}dv + \oint_S \sigma_P \vec{r}da$

۲) $\int_V \vec{V}\times\vec{P}dv = \int_V \rho_P \vec{r}dv + \oint_S \sigma_P \vec{r}da$

۳) $\int_V \vec{P}dv = \int_V (\vec{V}\cdot\vec{P})\vec{r}dv + \oint_S \sigma_P \vec{r}da$

۴) $\int_V \vec{V}\times\vec{P}dv = \int_V (\vec{V}\cdot\vec{P})\vec{r}dv + \oint_S (\vec{P}\cdot\hat{n})\vec{r}da$

۸۹- یک خازن استوانه‌ای بسیار طویل متشکل از دو رسانای استوانه‌ای شکل به شعاع داخلی $2mm$ و شعاع خارجی $8mm$ در نظر بگیرید. این خازن با دو دی‌الکتریک نیمه‌استوانه‌ای مطابق شکل زیر با گذردهی $\varepsilon_1 = 2\varepsilon_0$ و $\varepsilon_2 = 4\varepsilon_0$ پر شده است. ظرفیت ده سانتی‌متر از طول این خازن چند pF است؟ ($\ln 2 = 0/7$)



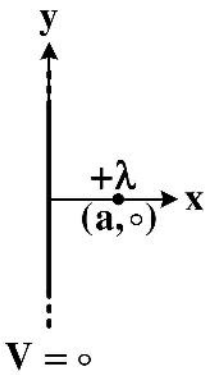
۱) ۱۸

۲) ۲۴

۳) ۶

۴) ۱۲

۹۰- یک خط بار نامتناهی با چگالی بار خطی λ مطابق شکل زیر در نقطه $(a,0)$ موازی محور z مقابل یک صفحه تخت رسانای نامتناهی که در پتانسیل الکتریکی صفر نگه داشته شده قرار دارد. معادله سطح هم‌پتانسیل به پتانسیل الکتریکی $(\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0}\ln 2)$ کدام است؟



۱) $(x+\frac{5}{3}a)^2 + y^2 = \frac{16}{9}a^2$

۲) $(x+\frac{4}{3}a)^2 + y^2 = \frac{7}{9}a^2$

۳) $(x-\frac{5}{3}a)^2 + y^2 = \frac{16}{9}a^2$

۴) $(x-\frac{4}{3}a)^2 + y^2 = \frac{7}{9}a^2$

۹۱- در بعضی از محیط‌های رسانا $\vec{H}$ در مختصات استوانه‌ای به‌صورت

$$\vec{H} = H_\circ \frac{4a}{\rho}\left(1-\left(1+3\frac{\rho}{a}\right)e^{-3\rho/a}\right)\hat{\phi}$$

است. چگالی جریان متناظر، $\vec{J}$، کدام است؟

۱) $\frac{36H_\circ\rho}{a^2}e^{-3\rho/a}\hat{z}$

۲) $\frac{36H_\circ}{a}e^{-3\rho/a}\hat{z}$

۳) $\frac{24H_\circ}{a}e^{-3\rho/a}\hat{z}$

۴) $\frac{24H_\circ\rho}{a^2}e^{-3\rho/a}\hat{z}$

۹۲- شار مغناطیسی گذرنده از مربعی به ضلع a واقع در صفحه $x-y$ که مرکز آن منطبق بر مبدأ مختصات است در حضور پتانسیل برداری $\vec{A} = A_\circ\left[5\cos\frac{\pi y}{a}\hat{x}+(2+\sin\frac{\pi x}{a})\hat{z}\right]$ کدام است؟

۱) $5aA_\circ$

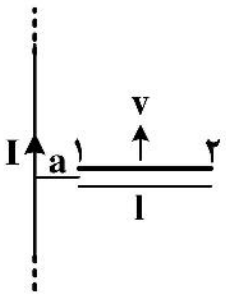
۲) $5\pi aA_\circ$

۳) صفر

۴) $10\pi aA_\circ$

۹۳- میله‌ای مطابق شکل زیر با سرعت ثابت $v = 0/5\,m/s$ در میدان مغناطیسی یک سیم نامتناهی حامل جریان $I = 10A$ حرکت می‌کند. میله و سیم همواره در یک صفحه‌اند و $a = 10cm$ و $l = 30cm$ است. اختلاف پتانسیل $V_1 - V_2$ چند mV است؟

$(\ln 2 = 0/7)$



۱) ۱/۴

۲) ۲/۸

۳) صفر

۴) $-2/8$

۹۴- یک موج الکترومغناطیسی تخت از هوا به‌طور عمود به سطح یک قطعه عایق با ضخامت زیاد می‌تابد. گذردهی الکتریکی و تراوایی مغناطیسی هوا و عایق را به‌ترتیب $(\varepsilon_\circ,\mu_\circ)$ و $(4\varepsilon_\circ,\mu_\circ)$ در نظر بگیرید. ضریب بازتاب این موج از سطح چقدر است؟

۱) ۰/۸۹

۲) ۰/۳۳

۳) ۰/۶۷

۴) ۰/۱۱

۹۵- میدان الکتریکی یک موج الکترومغناطیسی در یک موج‌بر $\vec{E} = E_\circ \sin\frac{\pi x}{a}\cos(\omega t - kz)\hat{y}$ است. شدت میدان مغناطیسی $\vec{H}$ این موج الکترومغناطیسی کدام است؟

۱) $\frac{E_\circ}{\mu_\circ \omega}(k\sin\frac{\pi x}{a}\cos(\omega t - kz)\hat{x} - \frac{\pi}{a}\cos\frac{\pi x}{a}\sin(\omega t - kz)\hat{z})$

۲) $\frac{E_\circ}{\mu_\circ \omega}(\frac{\pi}{a}\cos\frac{\pi x}{a}\cos(\omega t - kz)\hat{x} - k\sin\frac{\pi x}{a}\sin(\omega t - kz)\hat{z})$

۳) $\frac{E_\circ}{\mu_\circ \omega}(k\sin\frac{\pi x}{a}\sin(\omega t - kz)\hat{x} + \frac{\pi}{a}\cos\frac{\pi x}{a}\cos(\omega t - kz)\hat{z})$

۴) $\frac{E_\circ}{\mu_\circ \omega}(\frac{\pi}{a}\cos\frac{\pi x}{a}\sin(\omega t - kz)\hat{x} + k\sin\frac{\pi x}{a}\cos(\omega t - kz)\hat{z})$

۹۶- برای یک آنتن دوقطبی در خلاء و در فواصل دور از آنتن، بردار میدان الکتریکی و بردار شدت میدان مغناطیسی در مختصات کروی به‌صورت $\vec{E} \approx -\sqrt{\frac{\mu_\circ}{\varepsilon_\circ}}\frac{Idl}{4\pi}k^2\frac{e^{i\omega t - ikr}}{ikr}\sin\theta\hat{\theta}$ و $\vec{H} \approx -\frac{Idl}{4\pi}k^2\frac{e^{i\omega t - ikr}}{ikr}\sin\theta\hat{\varphi}$ هستند که $\omega = kc$. توان تابشی آنتن کدام است؟

۱) $\frac{1}{12\pi}\frac{\mu_\circ \omega^2}{c}(Idl)^2$

۲) $\frac{1}{3\pi}\frac{\mu_\circ \omega^2}{c}(Idl)^2$

۳) $\frac{1}{6\pi}\frac{\mu_\circ \omega^2}{c}(Idl)^2$

۴) $\frac{2}{3\pi}\frac{\mu_\circ \omega^2}{c}(Idl)^2$

۹۷- شدت تابش گرمایی یک جسم سیاه در دمای T_1 برابر $2/5\times10^5\ W/m^2$ و در دمای T_2 برابر $4/0\times10^6\ W/m^2$ است. نسبت $\lambda_{1max}/\lambda_{2max}$ چقدر است؟ (λ_{max} طول موجی است که در آن شدت تابش گرمایی یک جسم سیاه در دمای T بیشینه است.)

۱) $\frac{1}{2}$

۲) $\frac{1}{4}$

۳) ۲

۴) ۴

۹۸- اگر به‌جای هسته اتم هیدروژن یک پوزیترون قرار می‌داشت کوتاه‌ترین طول موج سری بالمر چند نانومتر بود؟

۱) ۷۳۰

۲) ۱۳۱۳

۳) ۳۶۵

۴) ۶۵۶

۹۹- بسامد زاویه‌ای امواج سطحی در یک مایع بر حسب عدد موج به صورت $\omega = \sqrt{ak + bk^{۳}}$ است که در آن a و b از k و ω مستقل‌اند. اگر v_g سرعت گروه و v_p سرعت فاز امواج باشد کدام عبارت درست است؟

۱) برای طول موج‌های خیلی بلند $\frac{v_g}{v_p} \approx \frac{۳}{۴}$ و برای طول موج‌های خیلی کوتاه $\frac{v_g}{v_p} \approx \frac{۱}{۴}$ است.

۲) برای طول موج‌های خیلی بلند $\frac{v_g}{v_p} \approx \frac{۱}{۲}$ و برای طول موج‌های خیلی کوتاه $\frac{v_g}{v_p} \approx \frac{۳}{۲}$ است.

۳) برای طول موج‌های خیلی بلند $\frac{v_g}{v_p} \approx \frac{۳}{۲}$ و برای طول موج‌های خیلی کوتاه $\frac{v_g}{v_p} \approx \frac{۱}{۲}$ است.

۴) برای طول موج‌های خیلی بلند $\frac{v_g}{v_p} \approx \frac{۱}{۴}$ و برای طول موج‌های خیلی کوتاه $\frac{v_g}{v_p} \approx \frac{۳}{۴}$ است.

۱۰۰- ویژه مقادیر انرژی یک ذره در یک چاه پتانسیل یک بعدی نامتناهی بر حسب الکترون ولت $E_n = ۲/۵۶ \times ۱۰^{-۱۰} n^{۲}$ است که $n = ۱,۲,۳,\cdots$. تعداد حالت‌های انرژی در بازه $۱۰^{-۴}\,eV$ حول ویژه مقدار انرژی $۱۰^{-۲}\,eV$ چند تا است؟

۱) ۳۱

۲) ۶۲

۳) ۳۱۰

۴) ۶۲۰

۱۰۱- ویژه تابع بهنجار عملگر $(x^{۲}+۱)\frac{d}{dx} + x$ متناظر با ویژه مقدار صفر در بازه $-\infty < x < +\infty$ کدام است؟

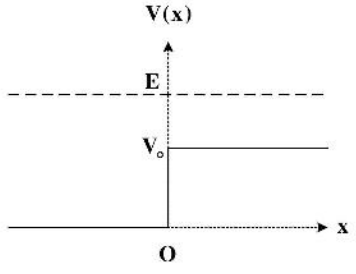
۱) $(\frac{۲}{\pi^{۲}})^{۱/۴} \frac{۱}{\sqrt{x^{۴}+۱}}$

۲) $(\frac{۲}{\pi})^{۱/۴} \frac{۱}{\sqrt{x^{۴}+۱}}$

۳) $\frac{۱}{\sqrt{\pi}} \frac{۱}{\sqrt{x^{۲}+۱}}$

۴) $\sqrt{\frac{۲}{\pi}} \frac{۱}{\sqrt{x^{۲}+۱}}$

۱۰۲- نسبت جریان احتمال عبور به جریان احتمال بازتاب یک ذره در پتانسیل پله‌ای شکل زیر به‌ازای $V_۰ / E = ۰/۶۴$ چقدر است؟



۱) ۲/۸۲

۲) ۰/۹۴

۳) ۵

۴) ۱۵

۱۰۳- در لحظه $t=0$ احتمال حضور یک ذره آزاد در همه نقاط بازه $-a \le x \le a$ یکسان است و در سایر مکان‌ها ، $x<-a$ و $x>a$، صفر است. تابع موج این ذره در فضای مکان در لحظه دلخواه $t>0$ کدام است؟

۱) $$\psi(x,t)=\sqrt{\frac{1}{2\pi^2 a}}\int_{-\infty}^{+\infty}\sin(\frac{ap_x}{\hbar})\exp(\frac{i}{\hbar}xp_x-\frac{i}{\hbar}\frac{p_x^2}{2m}t)\frac{dp_x}{p_x}$$

۲) $$\psi(x,t)=\sqrt{\frac{1}{2\pi^2 a}}\int_{-\infty}^{+\infty}\cos(\frac{ap_x}{\hbar})\exp(\frac{i}{\hbar}xp_x-\frac{i}{\hbar}\frac{p_x^2}{2m}t)\frac{dp_x}{p_x}$$

۳) $$\psi(x,t)=\sqrt{\frac{1}{2\pi^2 a}}\int_{-\infty}^{+\infty}\sin(\frac{ap_x}{\hbar})\exp(\frac{i}{\hbar}xp_x-\frac{i}{\hbar}\frac{p_x^2}{2m}t)dp_x$$

۴) $$\psi(x,t)=\sqrt{\frac{1}{2\pi^2 a}}\int_{-\infty}^{+\infty}\cos(\frac{ap_x}{\hbar})\exp(\frac{i}{\hbar}xp_x-\frac{i}{\hbar}\frac{p_x^2}{2m}t)dp_x$$

۱۰۴- در حضور پتانسیل مختلط یک‌بعدی $V(x)(1+i\alpha)$ که $V(x)$ و ثابت α حقیقی‌اند، رابطه پیوستگی معادله شرودینگر کدام است؟

$$\rho=\psi\psi^*, J=\frac{\hbar}{2im}(\psi^*\frac{\partial\psi}{\partial x}-\psi\frac{\partial\psi^*}{\partial x})$$

۱) $$\frac{\partial J}{\partial x}+\frac{\partial\rho}{\partial t}=2i\alpha\frac{\partial\rho}{\partial t}V(x)$$

۲) $$\frac{\partial J}{\partial x}+\frac{\partial\rho}{\partial t}=2i\alpha\rho V(x)$$

۳) $$\frac{\partial J}{\partial x}+\frac{\partial\rho}{\partial t}=\frac{2\alpha}{\hbar}\frac{\partial\rho}{\partial t}V(x)$$

۴) $$\frac{\partial J}{\partial x}+\frac{\partial\rho}{\partial t}=\frac{2\alpha}{\hbar}\rho V(x)$$

۱۰۵- در آزمایش دو شکاف با ذرات وقتی فقط شکاف اول باز است تابع موج دو بر روی ذره در نقطه‌ای از پرده $\psi_1(x,t)$ و وقتی فقط شکاف دوم باز است تابع موج دو بر روی ذره در همان نقطه از پرده $\psi_2(x,t)$ است که

$$\psi_1(x,t)=Ne^{-x^2/2L^2}e^{i(\omega t-kx)}, \psi_2(x,t)=Ne^{-x^2/2L^2}e^{i(\omega t-kx-qx)}$$

وقتی هر دو شکاف باز است دامنه احتمال موج دوبروی در نقاط مختلف پرده کدام است؟

۱) $$\frac{4}{L\sqrt{\pi}}\exp(-\frac{x^2}{L^2})\cos^2 qx$$

۲) $$\frac{1}{L\sqrt{\pi}}\exp(-\frac{x^2}{L^2})\cos^2 qx$$

۳) $$\frac{4}{L\sqrt{\pi}}\exp(-\frac{x^2}{L^2})\cos^2\frac{qx}{2}$$

۴) $$\frac{1}{L\sqrt{\pi}}\exp(-\frac{x^2}{L^2})\cos^2\frac{qx}{2}$$

۱۰۶- تابع موج ذره‌ای $\psi(x,t) = N e^{-x^2/a^2} \sin(kx) e^{-iEt/\hbar}$ است. مقدار چشم‌داشتی عملگر p_x در این حالت کدام است؟

۱) $\sqrt{2mE}$

۲) صفر

۳) hk

۴) $\frac{hk}{2}$

۱۰۷- بخش زاویه‌ای تابع موج ذره‌ای $\psi(\varphi) = N\cos^4\varphi$ است که $0 \le \varphi \le 2\pi$ زاویه سمتی در مختصات کروی است. اگر L_z (مولفه z عملگر ممنتوم زاویه‌ای مداری) این ذره اندازه‌گیری شود، احتمال این که ویژه مقدار صفر به دست آید، چقدر است؟

۱) ۰/۲۳

۲) ۰/۵۱

۳) ۰/۳۸

۴) صفر

۱۰۸- ترازهای انرژی اتم هیدروژن در حضور یک میدان مغناطیسی خارجی، به واسطه برهم‌کنش ممان مغناطیسی ناشی از حرکت مداری الکترون حول هسته و نیز ممان مغناطیسی ناشی از اسپین الکترون با میدان مغناطیسی خارجی شکافته، می‌شود. شکافتگی تراز $E_2 = -\frac{13/6}{2^2} eV$ در حضور یک میدان مغناطیسی یکنواخت بسیار قوی، $\vec{B} = B\hat{z}$، را در نظر بگیرید. اختلاف بین بالاترین و پایین‌ترین تراز انرژی در این مجموعه بر حسب مگنتون بور الکترون، μ_B، کدام است؟ (از ساختار ریز اتم هیدروژن صرف‌نظر کنید.)

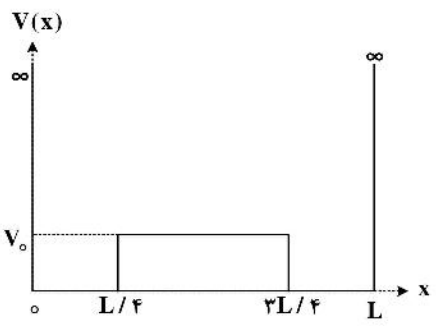
۱) $2\mu_B B$

۲) $6\mu_B B$

۳) $4\mu_B B$

۴) $8\mu_B B$

۱۰۹- اگر چاه پتانسیل نامتناهی یک‌بعدی $0 \le x \le L$ با سد پتانسیلی به ارتفاع $V_0 = \hbar^2/mL^2$ مطابق شکل زیر مختل شده باشد انرژی حالت پایه ذره‌ای به جرم m تا مرتبه اول اختلال کدام است؟



۱) $0/18\frac{\hbar^2}{mL^2}$

۲) $5/1\frac{\hbar^2}{mL^2}$

۳) $0/82\frac{\hbar^2}{mL^2}$

۴) $5/8\frac{\hbar^2}{mL^2}$

۱۱۰- انرژی حالت پایه یک ذره آزاد به جرم m محصور در یک چاه پتانسیل یک بعدی در صورتی که تابع موج آزمون ذره

$$\psi(x)=\begin{cases} x(x-L) & 0\le x\le L \\ 0 & x<0, x>L \end{cases}$$

باشد، به روش وردش، کدام است؟

۱) $\frac{6\pi^2\hbar^2}{2mL^2}$

۲) $\frac{5\pi^2\hbar^2}{2mL^2}$

۳) $\frac{5\hbar^2}{mL^2}$

۴) $\frac{6\hbar^2}{mL^2}$