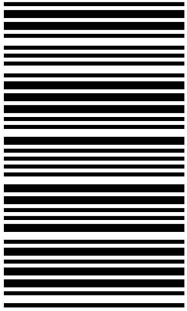


کد کنترل

532

C



532C

آزمون ورودی دوره‌های کارشناسی ارشد ناپیوسته - سال ۱۴۰۴

صبح جمعه  
۱۴۰۳/۱۲/۰۳



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

«علم و تحقیق، کلید پیشرفت کشور است.»  
مقام معظم رهبری

فیزیک (کد ۱۲۰۴)

مدت زمان پاسخگویی: ۲۵۰ دقیقه

تعداد سؤال: ۹۵ سؤال

عنوان مواد امتحانی، تعداد و شماره سؤال‌ها

ردیف	مواد امتحانی	تعداد سؤال	از شماره	تا شماره
۱	زبان عمومی و تخصصی (انگلیسی)	۲۵	۱	۲۵
۲	دروس تخصصی ۱ (فیزیک پایه (۱، ۲ و ۳)، فیزیک جدید، ترمودینامیک و مکانیک آماری، ریاضی فیزیک (۱ و ۲))	۳۵	۲۶	۶۰
۳	دروس تخصصی ۲ (مکانیک کلاسیک (۱ و ۲)، الکترومغناطیس (۱ و ۲)، مکانیک کوانتومی (۱ و ۲))	۳۵	۶۱	۹۵

این آزمون نمره منفی دارد.

استفاده از ماشین حساب مجاز نیست.

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



**PART 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.

The first organized international competition involving winter sports .....(8) just five years after the birth of the modern Olympics in 1896. Known as the Nordic Games, this competition included athletes predominantly from countries such as Norway and Sweden. It was held eight times between 1901 and 1926, .....(9) all but one time. Figure skating was included in the Olympics for the first time in the 1908 Summer Games in London, .....(10) the skating competition was not actually held until October, some three months after the other events were over.

- |     |                           |                          |
|-----|---------------------------|--------------------------|
| 8-  | 1) was introducing        | 2) was introduced        |
|     | 3) introduced             | 4) has been introducing  |
| 9-  | 1) with Stockholm hosting | 2) and Stockholm hosting |
|     | 3) that Stockholm hosted  | 4) Stockholm hosted      |
| 10- | 1) despite                | 2) although              |
|     | 3) otherwise              | 4) notwithstanding       |

**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:**

It is well known that a university physicist, as every other active academic, has a double commitment: research and education. But the gap between physics as it is practiced and the physics as it is widely understood is, for the physicist, particularly striking; continuous innovation in small and big steps in the first case, traditional quasi-static approaches in the second; tremendous achievements and rewards in the first case, almost complete failure and lack of interest and of financial support in the second.

An aspect of this state of affairs that has to be stressed here is the difference between the meaning of 'Physics' when attached to 'research' and when to 'education'. In the first case, the set of practices implied deals with technicalities, but also with choices and values. It is an open game where the player has not a small degree of autonomy. In the second case, what is usually implied is the training based on the content of a more or less good textbook and the acquisition of minor technological skills that go under the name of laboratory experiences. This second meaning is the only one experienced by all the non-physicists, including science educators, college and school teachers, and of course the students.

- |     |  |              |
|-----|--|--------------|
| 11- | The underlined word "commitment" in paragraph 1 is closest in meaning to ..... |              |
|     | 1) responsibility  | 2) choice    |
|     | 3) expectation   | 4) origin    |
| 12- | The underlined word "it" in paragraph 1 refers to .....                        |              |
|     | 1) gap   | 2) physics   |
|     | 3) education   | 4) physicist |

- 13- According to paragraph 1, which of the following is true about the two aspects of physics respectively?
- 1) The former is static; the latter is innovative.
  - 2) The former is innovative; the latter is dynamic.
  - 3) The former lacks investment; the latter is static.
  - 4) The former is dynamic; the latter lacks investment.
- 14- All of the following words are mentioned in the passage EXCEPT .....
- 1) technicalities
  - 2) gap
  - 3) branch
  - 4) non-physicists
- 15- According to the passage, which of the following statements is true?
- 1) The meaning of “physics” in education and research is almost the same.
  - 2) Significant achievements and progress are more evident in the educational aspect of physics.
  - 3) In research, physics is like an open field, giving the participant a sufficient degree of autonomy.
  - 4) The research aspect of physics is felt by everyone, including non-specialists and, of course, university students.

**PASSAGE 2:**

At the end of the eighteenth century, physics was still an immature, undisciplined pursuit with indefinite limits and little cohesiveness among its various concerns. The main source of disunity was the unequal development of its two chief divisions: general physics, equivalent to mechanics, and particular physics, embracing the study of heat, light, electricity, magnetism, and other special properties of matter. Whereas the former was a coherent, exacting, quantitative science, the latter, otherwise referred to as experimental physics, was essentially a miscellany of empirical findings joined to a loose array of speculative theories. Physics emerged as a discipline when these two components came into closer accord, facilitated by two significant developments within particular physics.

First, there was a gain in methodological sophistication, entailing improved experimental design, wider, more intensive use of mathematics, and greater philosophical astuteness in matters of theory construction and verification. As a result, particular physics was lifted above the level of mere empiricism and was submitted to standards of rigor comparable to those of mechanics. The second development, not unrelated to the first, was the rise of the ideas of energy and energy conservation, which allowed the theories of particular physics to be related to one another and to the laws of mechanics. Through these and other developments, the old disparities were sharply reduced, and physics turned into a mature, unified science.

- 16- The underlined word “accord” in paragraph 1 is closest in meaning to .....
- 1) compilation
  - 2) success
  - 3) attention
  - 4) unison
- 17- According to paragraph 1, what was the primary source of division in physics at the close of the 18th century?
- 1) Lack of sufficient funds for supporting new research
  - 2) Disputes between various physicists active in the field
  - 3) A general lack of progress in different sciences in that era
  - 4) Disproportionate development of its two main divisions



- 23- According to the passage, all of the following are true about Marie Curie EXCEPT that she was the first .....
- 1) woman to receive a Nobel Prize
  - 2) person to receive two Nobel Prizes
  - 3) person to win a Nobel Prize in chemistry
  - 4) person to win Nobel Prizes in two different fields
- 24- Which of the following statements can best be inferred from the passage?
- 1) Every year, the Nobel Fund sponsors specific researches in several fields to support scientific progress.
  - 2) Women's role in the history of science is not less than that of men, judging based on the number of Nobel Prizes they have won.
  - 3) Based on the significance of her discoveries, Marie Curie should be considered to be more a chemist than a physicist.
  - 4) The synergy of efforts made by different scientists has sometimes furthered the cause of science.
- 25- In which position marked by [1], [2], [3] or [4], can the following sentence best be inserted in the passage?  
Pierre devoted himself chiefly to the physical study of the new radiations.
- 1) [2]                                      2) [3]                                      3) [4]                                      4) [1]

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

۲۶- دترمینان  $e^{\frac{-i}{\hbar}t\mathbb{H}}$  وقتی که  $\mathbb{H} = \hbar\omega_0 \begin{pmatrix} 1 & i & 1 \\ -i & 0 & -i \\ 1 & i & 1 \end{pmatrix}$  باشد، کدام است؟

(۱)  $e^{-2i\omega_0 t}$                                       (۲)  $e^{-i\omega_0 t}$

(۳) ۱    (۴)  $e^{+i\omega_0 t}$

۲۷- ویژه بردارهای ماتریس زیر کدامند؟

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

(۱)  $\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$

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

(۳)  $\begin{pmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} \\ \frac{\sqrt{2}}{2} \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$

(۴)  $\begin{pmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} \\ \frac{\sqrt{2}}{2} \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \frac{\sqrt{2}}{2} \\ -\frac{\sqrt{2}}{2} \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$

۲۸- تبدیل فوریه تابع  $f(x)$  به صورت  $g(k) = \left(\frac{2a^2}{\pi}\right)^{\frac{1}{4}} e^{-a^2(k-k_0)^2}$  است. تابع  $f(x)$  کدام است؟

$$\frac{1}{(\pi a^2)^{\frac{1}{4}}} e^{ik_0 x - \frac{x^2}{2a^2}} \quad (۱)$$

$$\frac{1}{(\pi a^2)^{\frac{1}{4}}} e^{ik_0 x - \frac{x^2}{4a^2}} \quad (۲)$$

$$\frac{1}{(2\pi a^2)^{\frac{1}{4}}} e^{ik_0 x - \frac{x^2}{2a^2}} \quad (۳)$$

$$\frac{1}{(2\pi a^2)^{\frac{1}{4}}} e^{ik_0 x - \frac{x^2}{4a^2}} \quad (۴)$$

۲۹- میدان برداری  $\vec{F}$  در مختصات کروی به شکل  $\vec{F}(r, \theta, \phi) = \cos \phi \hat{r} + \sin \phi \hat{\theta}$  است. حاصل عبارت  $\vec{\nabla} \times (\vec{r} \times \vec{F})$  کدام است؟

$$\tan \theta \cos \phi \hat{r} + \sin \theta \sin \phi \hat{\phi} \quad (۱)$$

$$\sin \theta \cos \phi \hat{r} + \cos \theta \sin \phi \hat{\phi} \quad (۲)$$

$$\cot \theta \sin \phi \hat{r} - 2 \sin \phi \hat{\theta} \quad (۳)$$

$$\cos \theta \sin \phi \hat{r} - 2 \sin \theta \hat{\theta} \quad (۴)$$

۳۰- مقدار انتگرال  $\int_0^{2\pi} \frac{d\theta}{5 + 4 \cos \theta}$ ، کدام است؟

$$\frac{\pi}{3} \quad (۱)$$

$$\frac{2\pi}{3} \quad (۲)$$

$$\frac{2\pi}{5} \quad (۳)$$

$$2\pi \quad (۴)$$

۳۱- بخش حقیقی عدد  $(1+i)^{10}$  کدام است؟

$$\text{صفر} \quad (۱)$$

$$۱ \quad (۲)$$

$$۱۶ \quad (۳)$$

$$۳۲ \quad (۴)$$

۳۲- کدام مورد نشان دهنده بسط تابع دلتای دیراک  $\delta(1+x)$  بر حسب توابع لژاندر  $P_n(x)$  است؟

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{2n+1}{2} P_n(x) \quad (۱)$$

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{2n+1}{2} (-1)^n P_n(x) \quad (۲)$$

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{n}{2} P_n(x) \quad (۳)$$

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{n}{2} (-1)^n P_n(x) \quad (۴)$$

۳۳- تابع  $f(x)$  به شکل معادله انتگرالی  $f(x) = x^2 + 2x \int_0^1 yf(y) dy$  داده شده است. مینیمم تابع  $f(x)$  کدام است؟

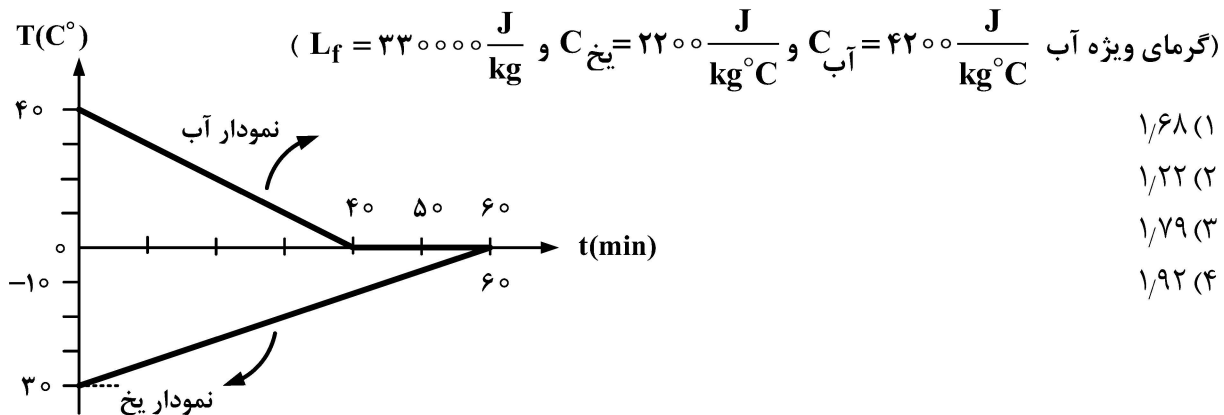
(۱)  $-\frac{3}{4}$

(۲)  $-\frac{3}{8}$

(۳)  $-\frac{9}{8}$

(۴)  $-\frac{9}{16}$

۳۴-  $0.440$  کیلوگرم آب  $40^\circ\text{C}$  را با مقداری یخ صفر درجه سلسیوس در یک ظرف عایق بندی شده، قرار داده ایم. ظرفیت گرمایی ظرف ناچیز است. فرض کنید انرژی گرمایی از آب به یخ با آهنگ ثابت منتقل می شود تا وقتی که تعادل گرمایی برقرار شود. نمودار زیر تغییر دمای آب و یخ را با زمان نشان می دهد. جرم یخ پس از رسیدن سیستم به حالت تعادل بر حسب کیلوگرم، کدام است؟



۳۵- دو قطار با سرعتی به اندازه  $34$  متر بر ثانیه نسبت به زمین به سمت یکدیگر حرکت می کنند. اگر بسامد صدای سوت قطار اول  $450$  هرتز باشد، این صدا در قطار دوم با چه بسامدی شنیده خواهد شد؟ (اندازه سرعت صوت در هوا را  $340$  متر بر ثانیه در نظر بگیرید.)

- (۱)  $405$  هرتز
- (۲)  $425$  هرتز
- (۳)  $500$  هرتز
- (۴)  $550$  هرتز

۳۶- دو ظرف کاملاً یکسان به حجم  $V_0$  توسط یک لوله باریک به هم متصل شده اند. درون هر یک از ظرف ها، گاز ایده آل با دمای  $T_0$  و فشار  $P_0$  وجود دارد. با انتقال گرما به ظرف اول، دمای آن را دو برابر می کنیم، در حالی که ظرف دوم در دمای  $T_0$  نگه داشته می شود. در این صورت، فشار گاز در هر یک از ظرف ها کدام است؟

(۱)  $\frac{P_0}{2}$

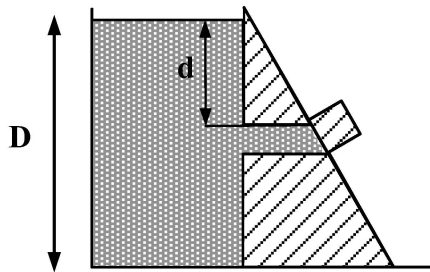
(۲)  $\frac{3}{4}P_0$

(۳)  $\frac{4}{3}P_0$

(۴)  $2P_0$



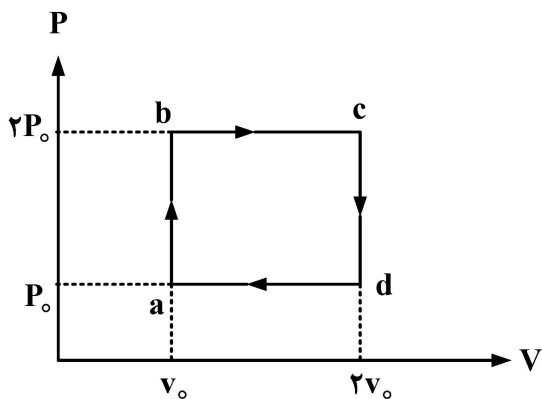
۳۷- در شکل زیر، ارتفاع آب پشت مخزن سد،  $D = ۱۵m$  است. در عمق  $d = ۵/۰ m$  یک لوله افقی با سطح مقطع  $۲۵/۰ cm^2$  تعبیه شده است. اگر در پوش دهانه این لوله افقی برداشته شود، در مدت زمان یک دقیقه، چند



مترمکعب آب از لوله خارج می‌شود؟  $(g = ۱۰ \frac{m}{s^2})$

- (۱) ۱/۲
- (۲) ۱/۵
- (۳) ۱/۷
- (۴) ۲/۳

۳۸- یک گاز ایده آل تک‌اتمی، چرخه برگشت پذیر شکل زیر را طی می‌کند. این چرخه شامل دو فرایند تک‌حجم و دو فرایند تک‌فشار است. بازده این چرخه چند درصد است؟

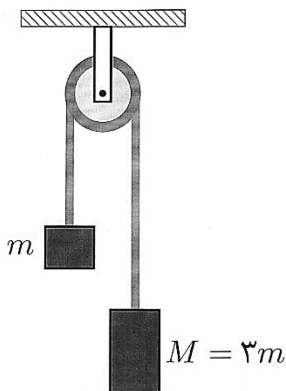


- (۱) ۱۱/۲
- (۲) ۱۵/۴
- (۳) ۲۳/۷
- (۴) ۴۷/۶

۳۹- ماهواره‌ای به جرم  $m$  در مدار به شعاع  $a$  حول زمین می‌چرخد. انرژی لازم برای انتقال این ماهواره به مدار به شعاع  $۱/۵a$  کدام است؟ ( $G$  ثابت عمومی گرانش و  $M$  جرم زمین است.)

- (۱)  $\frac{G M m}{6a}$
- (۲)  $\frac{۲G M m}{3a}$
- (۳)  $\frac{۵G M m}{6a}$
- (۴)  $\frac{G M m}{3a}$

۴۰- جرم‌های  $m$  و  $M = ۳m$  به دو انتهای ریسمان سبکی بسته شده‌اند. ریسمان از روی قرقره‌ی ثابت بدون جرم و بدون اصطکاک عبور کرده است، به گونه‌ای که  $m$  و  $M$  در دو طرف قرقره آویزانند. سیستم را از حال سکون رها می‌کنیم. اندازه شتاب مرکز جرم این سیستم، کدام است؟



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

۴۱- متحرکی بر روی محور  $x$  حرکت می کند. رابطه بین مکان و زمان این متحرک به شکل  $t = \alpha x^2 + \beta x + \gamma$  است.  $\alpha$ ،  $\beta$  و  $\gamma$  مقادیر ثابتی هستند. شتاب این متحرک کدام است؟ ( $v$  سرعت متحرک در هر لحظه است).

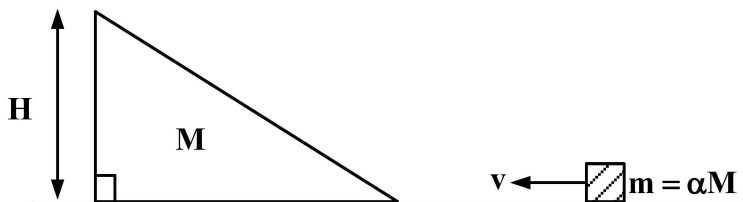
(۱)  $-\frac{\beta}{\alpha\gamma^2}$

(۲)  $-\frac{2\alpha}{\beta^2}v$

(۳)  $-2\alpha v^3$

(۴)  $-\frac{2\alpha}{\beta}v^2$

۴۲- گوهی به جرم  $M$  بر روی یک سطح افقی قرار دارد. گوه می تواند روی سطح بلغزد. ارتفاع ضلع قائم گوه برابر با  $H$  است. مطابق شکل، جسم کوچکی به جرم  $m = \alpha M$  بر روی سطح افقی با سرعت  $v$  به سمت گوه حرکت می کند. کمترین مقدار  $v$  چقدر باشد تا جسم کوچک به بالای گوه برسد؟ (تمام سطوح بدون اصطکاک هستند و  $\alpha$  مقداری ثابت است).



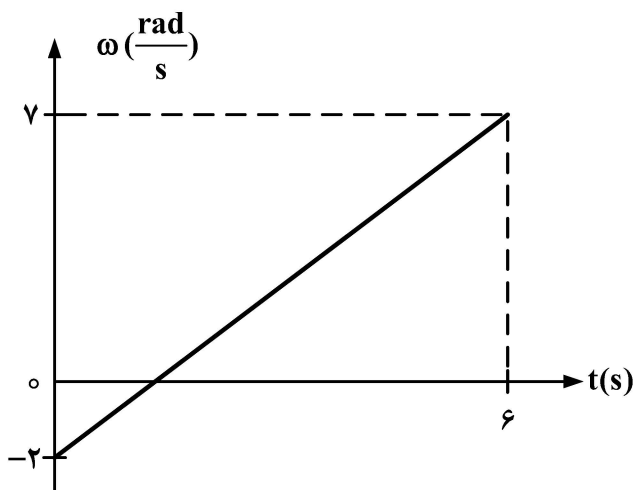
(۱)  $\sqrt{2(1+\alpha)gH}$

(۲)  $\sqrt{2(1+\frac{1}{\alpha})gH}$

(۳)  $\sqrt{2(1-\alpha)gH}$

(۴)  $\sqrt{2(1-\frac{1}{\alpha})gH}$

۴۳- میله باریکی حول محوری که بر میله عمود است و از یک سر میله می گذرد، دوران می کند. شکل زیر تغییر سرعت زاویه ای میله را با زمان نشان می دهد. اگر در لحظه  $t = 4s$  انرژی جنبشی دورانی میله،  $J = 1/60$  باشد، در لحظه  $t = 0$  انرژی جنبشی دورانی میله چند ژول بوده است؟



(۱)  $0/24$

(۲)  $0/40$

(۳)  $0/48$

(۴)  $0/80$

۴۴- بار الکتریکی  $Q$  به طور یکنواخت درون حجم کره‌ای به شعاع  $R$  توزیع شده است. مرکز کره بر مبدأ مختصات منطبق است.

در نقطه  $x = 2R$  نیز، یک بار نقطه‌ای  $Q$  قرار دارد. اندازه میدان الکتریکی در نقطه  $x = \frac{R}{2}$  کدام است؟

$$(1) \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2} \quad (2) \frac{Q}{9\pi\epsilon_0 R^2}$$

$$(3) \frac{Q}{72\pi\epsilon_0 R^2} \quad (4) \frac{17Q}{72\pi\epsilon_0 R^2}$$

۴۵- در یک ناحیه استوانه‌ای به شعاع  $R = 3.0 \text{ cm}$ ، یک میدان مغناطیسی یکنواخت موازی با محور استوانه وجود دارد. اگر

این میدان مغناطیسی با آهنگ  $0.6 \frac{T}{s}$  تغییر کند، میدان الکتریکی القایی در نقطه‌ای به فاصله  $1.5 \text{ cm}$  از محور استوانه

چند ولت بر متر است؟

(۱) صفر

(۲)  $3.3 \times 10^{-3}$

(۳)  $4.5 \times 10^{-3}$

(۴)  $9.0 \times 10^{-3}$

۴۶- یک دوقطبی الکتریکی متشکل از دو بار نقطه‌ای  $-q$  و  $+q$  و جرم‌های یکسان  $m$  به فاصله  $d$  از یکدیگر است. این

دوقطبی در یک میدان الکتریکی یکنواخت  $E$  قرار دارد. دوره تناوب نوسانات کوچک این دوقطبی حول وضعیت تعادلش

کدام است؟

$$(1) \sqrt{\frac{md}{2\pi^2 qE}} \quad (2) \sqrt{\frac{2\pi^2 md}{qE}}$$

$$(3) \sqrt{\frac{\pi^2 md}{2qE}} \quad (4) \sqrt{\frac{2md}{\pi^2 qE}}$$

۴۷- مطابق شکل زیر، ذره‌ای به جرم  $m$  و بار  $q$  با سرعت  $v$  وارد میدان مغناطیسی یکنواخت برونسویی به شدت  $B$  می‌شود.

بردار سرعت  $v$  در صفحه‌ی عمود بر میدان قرار دارد و راستای آن با مرکز میدان زاویه‌ای  $\theta$  می‌سازد. نوع بار و فاصله‌ی

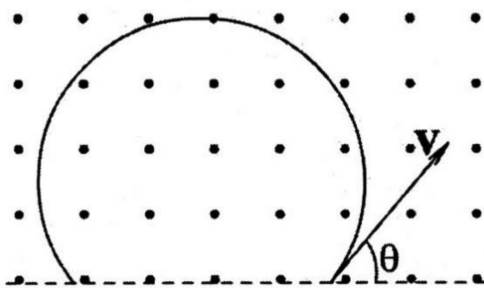
میان نقطه‌ی ورود و نقطه خروج ذره از میدان چقدر است؟ (گرانش را نادیده بگیرید.)

(۱) مثبت،  $2 \left( \frac{mv}{|q|B} \right) \sin \theta$

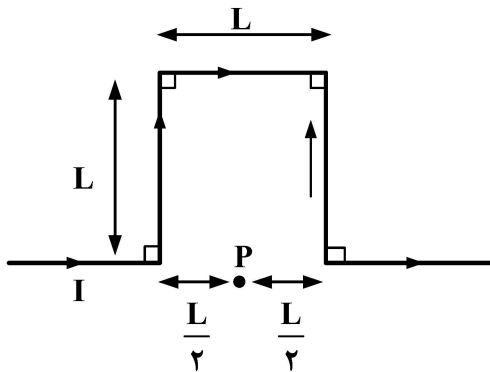
(۲) منفی،  $2 \left( \frac{mv}{|q|B} \right) \sin \theta$

(۳) منفی،  $2 \left( \frac{mv}{|q|B} \right) \cos \theta$

(۴) مثبت،  $2 \left( \frac{mv}{|q|B} \right) \cos \theta$



۴۸- سیم بسیار درازی حامل جریان  $I$  را مطابق شکل زیر در آورده‌ایم. اندازه و جهت میدان مغناطیسی در نقطه  $P$  کدام است؟ ( $\mu_0$  ضریب تراوایی خلأ است).



(۱)  $\frac{\sqrt{2}\mu_0 I}{2\pi L}$ ، به سمت خارج از صفحه

(۲)  $\frac{\sqrt{2}\mu_0 I}{2\pi L}$ ، به سمت درون صفحه

(۳)  $\frac{\sqrt{5}\mu_0 I}{2\pi L}$ ، به سمت خارج از صفحه

(۴)  $\frac{\sqrt{5}\mu_0 I}{2\pi L}$ ، به سمت درون صفحه

۴۹- انرژی جنبشی ذره‌ای با سرعت  $0.8c$  در خلأ و انرژی سکون  $1\text{ GeV}$ ، کدام است؟

(۱)  $\frac{1}{3}\text{ GeV}$

(۲)  $\frac{3}{4}\text{ GeV}$

(۳)  $\frac{3}{5}\text{ GeV}$

(۴)  $\frac{2}{3}\text{ GeV}$

۵۰- سرعت کهکشانی نسبت به زمین  $v$  است. اگر ناظر زمینی خطوط آبی رنگ ( $\lambda = 400\text{ nm}$ ) اتم هیدروژن این

کهکشان را به رنگ قرمز ( $\lambda = 600\text{ nm}$ ) ببیند، نسبت  $\frac{v}{c}$  کدام است؟ ( $c$  سرعت نور است).

(۱)  $\frac{5}{13}$

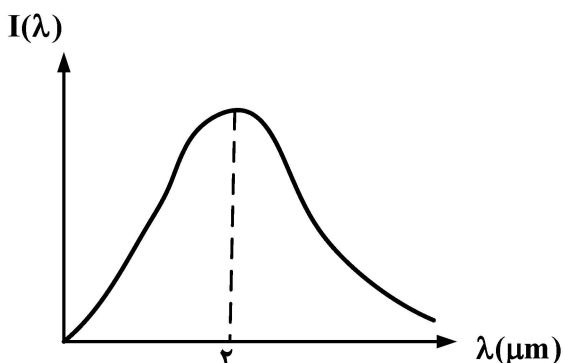
(۲)  $\frac{7}{13}$

(۳)  $\frac{2}{3}$

(۴)  $\frac{1}{3}$

۵۱- در شکل زیر نمودار شدت تابش گرمایی جسمی بر حسب طول موج رسم شده است. دمای این جسم چند کلوین است؟

(ثابت وین  $2.9 \times 10^{-3}\text{ m.K}$  است).



(۱)  $1.45 \times 10^2$

(۲)  $1.45 \times 10^3$

(۳)  $1.45 \times 10^4$

(۴)  $1.45 \times 10^5$

۵۲- تابع موج ذره‌ای در ناحیه  $0 < x < 3$ ، به شکل  $\psi(x) = Ax(x-3)$  است که در آن  $A$  یک مقدار ثابت است. در خارج این ناحیه، تابع موج برابر با صفر است. احتمال اینکه ذره بین  $x=1$  و  $x=2$  یافت شود، کدام است؟

$$(1) \frac{31}{61} \quad (2) \frac{47}{61}$$

$$(3) \frac{31}{81} \quad (4) \frac{47}{81}$$

۵۳- نیمه عمر یک ماده رادیواکتیو  $20$  دقیقه است. بعد از  $80$  دقیقه نسبت مقدار باقی مانده از جسم به مقدار اولیه آن کدام است؟

$$(1) \frac{1}{16} \quad (2) \frac{1}{8}$$

$$(3) \frac{1}{4} \quad (4) \frac{1}{2}$$

۵۴- یک الکترون با اسپین  $\frac{1}{4}\hbar\hat{\sigma}$  و گشتاور مغناطیسی  $\mu_B$  در معرض میدان مغناطیسی  $\vec{B} = (0, 0, B)$  قرار گرفته

است. مقدار چشم‌داشتی  $\sigma_z$  در دمای  $T$  کدام است؟  $\left(\beta = \frac{1}{k_B T}\right)$

$$\left(\sigma_x = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \sigma_y = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}, \sigma_z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}\right)$$

$$(1) \tanh(\beta\mu_B B)$$

$$(2) \tanh(2\beta\mu_B B)$$

$$(3) \sinh(\beta\mu_B B)$$

$$(4) \sinh(2\beta\mu_B B)$$

۵۵- اگر درجات آزادی یک گاز ایده آل برابر با  $N$  باشد، نسبت ظرفیت گرمایی در فشار ثابت به ظرفیت گرمایی در حجم ثابت، کدام است؟

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

$$(3) 1 + \frac{2}{N} \quad (4) 2 + \frac{1}{N}$$

۵۶- تغییر آنتالپی یک سیستم ترمودینامیکی در یک فرایند برگشت پذیر هم فشار، کدام است؟

(۱) گرمای منتقل شده در فرایند

(۲) کار انجام شده در فرایند

(۳) تغییر انرژی درونی سیستم

(۴) صفر

۵۷- یک گاز ایده آل، تحت فرایند برگشت پذیر در طول مسیر  $P = aV$  بر روی نمودار  $PV$  قرار می‌گیرد.  $a$  یک ثابت مثبت است. گرمای ویژه مولی گاز در این فرایند کدام است؟

( $C_V$  گرمای ویژه مولی گاز در حجم ثابت و  $R$  ثابت عمومی گازهاست.)

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

$$(3) C_V + R \quad (4) C_V + \frac{R}{2}$$

۵۸- نسبت تابع پارش N نوسانگر هماهنگ مستقل کوانتومی به تابع پارش کلاسیک آن کدام است؟ (ω فرکانس زاویه‌ای

نوسانگر است و  $\beta = \frac{1}{k_B T}$

$$\left[ \frac{\sinh(\beta \hbar \omega / 2)}{(\beta \hbar \omega / 2)} \right]^{-N} \quad (2) \qquad [\gamma \sinh(\beta \hbar \omega / 2)]^{-N} \quad (1)$$

$$\left[ \frac{\cosh(\beta \hbar \omega / 2)}{(\beta \hbar \omega / 2)} \right]^{-N} \quad (4) \qquad [\gamma \cosh(\beta \hbar \omega / 2)]^{-N} \quad (3)$$

۵۹- تابع پارش سیستمی متشکل از N ذره در دمای T به شکل زیر است:

$$Z = \left( \frac{e^{-\frac{\epsilon \beta}{2}}}{1 - e^{-\epsilon \beta}} \right)^{3N} e^{N \epsilon_0 \beta}$$

که در آن ε و ε<sub>۰</sub> مقادیر ثابتی هستند و  $\beta = \frac{1}{k_B T}$ ، ظرفیت گرمایی این سیستم کدام است؟

$$3Nk_B \beta \epsilon \frac{e^{-\beta \epsilon}}{1 - e^{-\beta \epsilon}} \quad (1) \qquad 3Nk_B (\beta \epsilon)^2 \frac{e^{-\beta \epsilon}}{1 - e^{-\beta \epsilon}} \quad (2)$$

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

۶۰- دستگاه آماری A متشکل از دو زیردستگاه A<sub>۱</sub> و A<sub>۲</sub> به ترتیب شامل N<sub>۱</sub> و N<sub>۲</sub> مولکول گاز به جرم m<sub>۱</sub> و m<sub>۲</sub> و حجم کل V = V<sub>۱</sub> + V<sub>۲</sub> و دمای T دارای تابع پارش کل Z<sub>t</sub> زیر است.

$$Z_t(V, T) = \frac{V^N}{N_1 N_2} \left( \frac{\gamma \pi m_1 k_B T}{\hbar^2} \right)^{\frac{3N_1}{2}} \left( \frac{\gamma \pi m_2 k_B T}{\hbar^2} \right)^{\frac{3N_2}{2}}$$

فشار (P)، دستگاه کدام است؟

$$k_B T \frac{N}{V} \quad (1)$$

$$-k_B T \frac{N}{V} \ln Z_t \quad (2)$$

$$k_B T \frac{N}{V} \left[ (N_1 + N_2) - \frac{3}{2} \ln \left( \frac{\gamma \pi k_B T}{\hbar^2} \right) \right] \quad (3)$$

$$k_B T \frac{N}{V} \left[ (N_1 + N_2) - \frac{3}{2} \ln \left( \frac{\gamma \pi k_B T}{\hbar^2} \right) \right] + \frac{3}{2} k_B T \frac{N}{V} \quad (4)$$

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

۶۱- ردّ تانسور لختی یک مکعب همگن به جرم  $M$  و ضلع  $a$  در دستگاه مختصاتی که مبدأ آن در مرکز جرم واقع است و محورهای مختصات عمود بر وجوه مکعب‌اند، کدام است؟

(۱)  $\frac{1}{2} Ma^2$

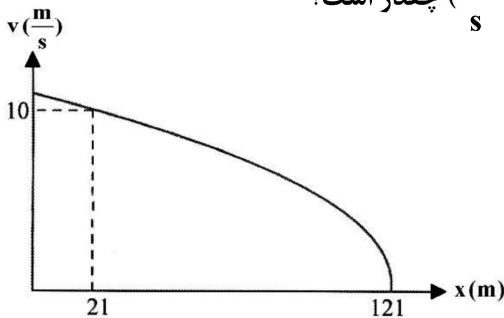
(۲)  $\frac{1}{4} Ma^2$

(۳)  $\frac{1}{3} Ma^2$

(۴)  $\frac{3}{4} Ma^2$

۶۲- نمودار مقابل تندی  $v$  ذره‌ای را در یک حرکت یک‌بعدی با شتاب ثابت به صورت تابعی از موقعیت مکانی  $x$  آن، در

یکاهای SI، نشان می‌دهد. تندی ذره در موقعیت  $x = 0$  (بر حسب  $\frac{m}{s}$ ) چقدر است؟



(۱)  $10/2$

(۲)  $10/5$

(۳)  $10/8$

(۴)  $11/0$

۶۳- معادله مسیر ذره‌ای به جرم  $m$  در  $t$  بعد، تحت یک نیروی مرکزی، به شکل  $r = ae^{b\theta}$  می‌باشد.  $a$  و  $b$  مقادیری

ثابت و  $r$  و  $\theta$  مختصات مکان ذره در دستگاه مختصات قطبی‌اند. اگر  $L$  تکانه زاویه‌ای این ذره باشد و  $\vec{F} = f(r)\hat{r}$ ، در این صورت  $f(r)$  کدام است؟

(۱)  $\frac{L^2}{mr^3} (1+b)^2$

(۲)  $-\frac{L^2}{mr^3} (1-b)^2$

(۳)  $-\frac{L^2}{mr^3} (1+b)^2$

(۴)  $-\frac{L^2}{mr^3} (1-b)^2$

۶۴- در شکل مقابل، گلوله‌ای به جرم  $m$  و شعاع  $R$  در داخل کره توخالی دیگری به جرم  $m$  و شعاع داخلی  $2R$  قرار

دارد. سامانه را از حالت سکون رها می‌کنیم. اگر همه حرکت‌ها غلتشی باشند (لغزش وجود ندارد)، از کمیت‌های  $P_x$  (تکانه خطی سامانه در راستای  $x$ )،  $P_y$  (تکانه خطی سامانه در راستای  $y$ ) و  $E$  (انرژی مکانیکی کل) کدام

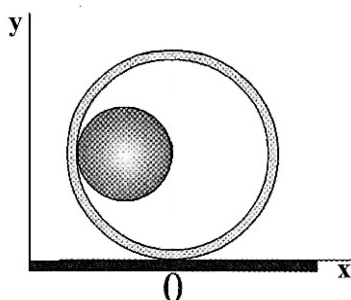
پایسته و کدام ناپایسته است؟

(۱) هر سه کمیت پایسته‌اند.

(۲)  $E$  پایسته و  $P_x$  و  $P_y$  ناپایسته‌اند.

(۳)  $P_x$  و  $E$  پایسته و  $P_y$  ناپایسته است.

(۴) هر سه کمیت ناپایسته‌اند.



۶۵- آونگی به طول  $l$  با گلوله‌ای به جرم  $m$  در ظرفی پر از روغن آویزان شده است. در لحظه  $t = 0$  آونگ را به اندازه زاویه بسیار کوچک  $\theta = \alpha$  از حالت قائم منحرف و بدون سرعت اولیه رها می‌کنیم. اگر نیروی مقاوم روغن که به

گلوله وارد می‌شود، برابر با  $F = 2m\sqrt{\frac{g}{l}}(l\dot{\theta})$  باشد، جابه‌جایی زاویه‌ای،  $\theta$ ، بر حسب زمان کدام است؟

$$\theta(t) = \alpha \left( 1 + \sqrt{\frac{g}{l}} t \right) e^{-\sqrt{\frac{g}{l}} t} \quad (2) \qquad \theta(t) = \alpha \left( 1 - e^{-\sqrt{\frac{g}{l}} t} \right) \quad (1)$$

$$\theta(t) = \alpha \left( e^{-\sqrt{\frac{g}{l}} t} + e^{+\sqrt{\frac{g}{l}} t} \right) \quad (4) \qquad \theta(t) = \alpha \left( e^{-\sqrt{\frac{g}{l}} t} - e^{+\sqrt{\frac{g}{l}} t} \right) \quad (3)$$

۶۶- دو گلوله با جرم‌های یکسان با سرعت‌های  $\vec{V}_1$  و  $\vec{V}_2$  با هم برخورد ناکشسان کامل انجام می‌دهند. اتلاف انرژی در این برخورد کدام است؟

$$\frac{1}{4} m |\vec{V}_1 - \vec{V}_2|^2 \quad (2) \qquad \frac{1}{2} m |\vec{V}_1 - \vec{V}_2|^2 \quad (1)$$

$$\frac{1}{2} m |V_1^2 - V_2^2| \quad (4) \qquad \frac{1}{4} m |V_1^2 - V_2^2| \quad (3)$$

۶۷- جرم جسمی با زمان طبق رابطه  $m(t) = m_0 e^{-\alpha t}$  تغییر می‌کند.  $m_0$  جرم جسم در لحظه  $t = 0$  است و  $\alpha$  مقدار ثابتی است. اگر سرعت جسم در لحظه  $t = 0$  برابر با  $v_0$  باشد، و هیچ نیروی خارجی به جسم وارد نشود، سرعت آن در لحظه  $t$  چگونه است؟

$$v_0 \frac{1 + e^{-\alpha t}}{2} \quad (2) \qquad v_0 e^{\alpha t} \quad (1)$$

$$v_0 \frac{1 + e^{\alpha t}}{2} \quad (4) \qquad v_0 e^{-\alpha t} \quad (3)$$

۶۸- ذره‌ای حرکت نوسانی ساده انجام می‌دهد. اگر در لحظه  $t_1$  مکان آن  $x_1$  و سرعت آن  $v_1$  باشد و در لحظه  $t_2$  مکان آن  $x_2$  و سرعت آن  $v_2$  باشد، دامنه نوسانات این ذره کدام است؟

$$\sqrt{\frac{v_2^2 x_1^2 + v_1^2 x_2^2}{v_2^2 + v_1^2}} \quad (2) \qquad \frac{v_2 x_1 - v_1 x_2}{v_2 - v_1} \quad (1)$$

$$\sqrt{\frac{v_2^2 x_1^2 - v_1^2 x_2^2}{v_2^2 - v_1^2}} \quad (4) \qquad \frac{v_2 x_1 + v_1 x_2}{v_2 + v_1} \quad (3)$$



۶۹- سیستمی از نوسانگرها با مختصات تعمیم یافته  $x_1$  و  $x_2$  و  $x_3$  دارای انرژی جنبشی و پتانسیل به شکل زیر است. بسامدهای نرمال این سیستم کدام است؟

$$K = \frac{1}{2}(\dot{x}_1^2 + \dot{x}_2^2 + \dot{x}_3^2)$$

$$U = \frac{1}{2}(4x_1^2 + 5x_2^2 + 4x_3^2 - 2x_1x_2 - 2x_2x_3)$$

(۲) ۲ و ۳ و  $\sqrt{6}$

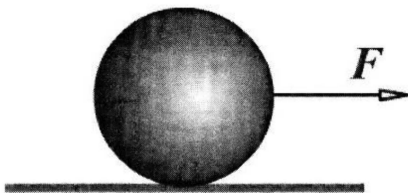
(۱)  $\sqrt{2}$  و  $\sqrt{3}$  و  $\sqrt{6}$

(۴) ۲ و ۳ و ۶

(۳) ۲ و  $\sqrt{3}$  و  $\sqrt{6}$

۷۰- مطابق شکل زیر، نیروی افقی و ثابت  $F$  بر یک پوسته کروی به جرم  $m$  و شعاع  $R$  وارد می شود. امتداد نیرو از مرکز پوسته می گذرد. ضریب اصطکاک ایستایی میان پوسته و سطح افقی ای که بر روی آن قرار گرفته  $\mu_s$  است.

بیشینه  $F$  (بر حسب  $\mu_s mg$ ) چقدر باشد تا حرکت پوسته، غلتشی بماند؟  $(I_{c.m.} = \frac{2}{3}mR^2)$



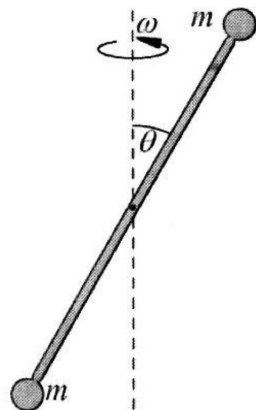
(۱)  $\frac{1}{2}$

(۲)  $\frac{5}{2}$

(۳)  $\frac{3}{2}$

(۴) ۱

۷۱- دو کره مشابه بسیار کوچک، هر کدام به جرم  $m$  و شعاع ناچیز، به دو سر میله بسیار سبکی به طول  $b$  جوش داده شده و مطابق شکل، حول محوری که از مرکز میله گذشته و با امتداد میله زاویه  $\theta$  می سازد، با سرعت زاویه ای  $\omega$  می چرخد. انرژی جنبشی سامانه کدام است؟



(۱)  $K = \frac{1}{2}mb^2 \cos^2 \theta \omega^2$

(۲)  $K = \frac{1}{4}mb^2 \cos^2 \theta \omega^2$

(۳)  $K = \frac{1}{2}mb^2 \sin^2 \theta \omega^2$

(۴)  $K = \frac{1}{4}mb^2 \sin^2 \theta \omega^2$

۷۲- لاگرانژی ذره ای به شکل  $a\sqrt{1-(b\dot{x})^2}$  است. اگر  $p$  تکانه این ذره در راستای  $x$  و  $H$  هامیلتونی این ذره باشد، آنگاه  $H^2$  کدام است؟ ( $a$  و  $b$  مقادیر ثابتی هستند.)

(۲)  $\left(\frac{p}{b} + a\right)^2$

(۱)  $\frac{p^2}{b^2} - a^2$

(۴)  $\left(\frac{p}{b} - a\right)^2$

(۳)  $a^2 + \frac{p^2}{b^2}$

۷۳- بار نقطه‌ای  $q$  در فاصله  $2R$  از مرکز یک کره رسانای منزوی بدون بار به شعاع  $R$  قرار دارد. چه نیرویی به این بار نقطه‌ای وارد می‌شود؟

$$(1) \frac{7q^2}{288\pi\epsilon_0 R^2} \quad (2) \frac{13q^2}{288\pi\epsilon_0 R^2}$$

$$(3) \frac{q^2}{144\pi\epsilon_0 R^2} \quad (4) \frac{5q^2}{144\pi\epsilon_0 R^2}$$

۷۴- صفحات خازن تختی در  $z=0$  و  $z=d$  قرار دارند. فضای بین صفحات از ماده‌ای ناهمگن با ثابت دی‌الکتریک

$K = \frac{1}{\cos \frac{\pi z}{3d}}$  پر شده است. اگر صفحه  $z=0$  در پتانسیل صفر و صفحه  $z=d$  در پتانسیل  $V_0$  نگه داشته

شوند، اندازه بردار جابه‌جایی الکتریکی درون دی‌الکتریک کدام است؟ ( $\epsilon_0$  ضریب گذردهی خلأ است.)

$$(1) -\hat{k}\epsilon_0 \frac{2V_0\pi}{3\sqrt{3}d} \quad (2) -\hat{k}\epsilon_0 \frac{V_0\pi}{\sqrt{3}d} \cos \frac{\pi z}{3d}$$

$$(3) -\hat{k}\epsilon_0 \frac{2\sqrt{3}V_0\pi}{d} \quad (4) -\hat{k}\epsilon_0 \frac{2\sqrt{3}V_0\pi}{d} \cos \frac{\pi z}{3d}$$

۷۵- درون یک پوسته رسانای کروی بدون بار به شعاع  $R$ ، یک حلقه باردار به شعاع  $\frac{R}{4}$  هم مرکز با پوسته قرار دارد.

چگالی خطی بار حلقه  $\lambda = \lambda_0 \cos^2 \phi$  است که  $\phi$  زاویه سمتی در دستگاه مختصات کروی و  $\lambda_0$  مقدار ثابتی است. کل انرژی الکتروستاتیکی در خارج پوسته کدام است؟ ( $\epsilon_0$  ضریب گذردهی خلأ است.)

$$(1) \frac{\lambda_0^2 R}{8\pi\epsilon_0} \quad (2) \frac{\lambda_0^2 R}{16\pi\epsilon_0}$$

$$(3) \frac{\lambda_0^2 R \pi}{16\epsilon_0} \quad (4) \frac{\lambda_0^2 R \pi}{32\epsilon_0}$$

۷۶- در یک محیط ناهمسانگرد، رابطه بردار قطبش و میدان الکتریکی به شکل زیر است:

$$\begin{pmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \end{pmatrix} = \epsilon_0 \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 3 & 1 \\ 1 & 0 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_x \\ E_y \\ E_z \end{pmatrix}$$

اگر بردار میدان الکتریکی به شکل  $\vec{E} = 2\hat{i} + \hat{j} - 2\hat{k}$  باشد، بردار جابه‌جایی الکتریکی کدام است؟ ( $\epsilon_0$  ضریب گذردهی خلأ است.)

$$(1) 2\epsilon_0(\hat{i} - \hat{j} + \hat{k}) \quad (2) \epsilon_0(2\hat{i} + \hat{j} - 2\hat{k})$$

$$(3) 2\epsilon_0(\hat{i} + \hat{j} - 2\hat{k}) \quad (4) \epsilon_0(\hat{i} - 2\hat{j} + 2\hat{k})$$

۷۷- پتانسیل الکتریکی در فضا با رابطه  $\Phi(x, y, z) = xy - 3yz^2$  داده شده است. کدام گزینه، نادرست است؟  
 (۱) نقطه  $(0, 1, 1)$  بر سطح  $\Phi = -3$  قرار دارد.

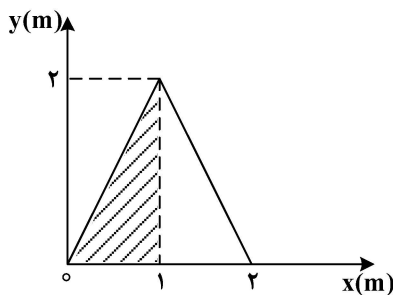
(۲) منحنی  $y = \frac{1}{x}$  یک منحنی هم پتانسیل در صفحه  $xy$  است.

(۳) میدان الکتریکی و پتانسیل الکتریکی در نقطه  $(1, 0, 1)$  برابر با صفر است.

(۴) بردار واحد عمود بر سطح هم پتانسیل  $\Phi = 1$  در نقطه  $(1, 1, 0)$  برابر با  $\frac{\hat{i} + \hat{j}}{\sqrt{2}}$  است.

۷۸- بر روی مثلث متساوی الساقین شکل زیر، بار الکتریکی با چگالی سطحی  $\sigma = 3\sigma_0 xy \frac{C}{m^2}$  توزیع شده است، که

در آن مقدار ثابتی است. اگر کل بار روی نیمه هاشور خورده  $(0 < x < 1 \text{ m})$ ، برابر با  $q_1$  و کل بار الکتریکی روی نیمه دوم  $(1 \text{ m} < x < 2 \text{ m})$  برابر با  $q_2$  باشد، نسبت  $\frac{q_1}{q_2}$  کدام است؟



(۱)  $\frac{15}{2}$

(۲)  $\frac{20}{3}$

(۳)  $\frac{5}{3}$

(۴)  $\frac{25}{2}$

۷۹- بردار پتانسیل مغناطیسی در فضای آزاد  $\vec{A} = e^{-\alpha y} \sin \alpha x \hat{k}$  است ( $\alpha$  مقداری ثابت). بردار چگالی شار مغناطیسی  $\vec{B}$  کدام است؟

(۱)  $-\alpha e^{-\alpha y} (\sin \alpha x \hat{i} + \cos \alpha x \hat{j})$

(۲)  $\alpha e^{-\alpha y} (\cos \alpha x \hat{i} + \sin \alpha x \hat{j})$

(۳)  $\alpha^2 e^{-\alpha y} (\sin \alpha x \hat{i} + \cos \alpha x \hat{j})$

(۴)  $-\alpha^2 e^{-\alpha y} (\cos \alpha x \hat{i} + \sin \alpha x \hat{j})$

۸۰- ناحیه  $x < 0$  با ماده‌ای به ضریب تراوایی نسبی ۲ و ناحیه  $x > 0$  با ماده‌ای به ضریب تراوایی نسبی ۴ اشغال شده

است. در مرز بین این دو ناحیه، جریان لایه‌ای  $\frac{\Delta \hat{j}}{m}$  جاری است. اگر میدان مغناطیسی در ناحیه  $x < 0$  برابر با

$\vec{H}_1 = 4\hat{i} - 10\hat{j} + 6\hat{k}$  باشد، میدان مغناطیسی  $\vec{H}_2$  در ناحیه  $x > 0$  کدام است؟

(۱)  $2\hat{i} - 10\hat{j} + 2\hat{k}$

(۲)  $2\hat{i} - 10\hat{j} + \hat{k}$

(۳)  $4\hat{i} - 8\hat{j} + 3\hat{k}$

(۴)  $4\hat{i} - 9\hat{j} + 6\hat{k}$

۸۱- برای موجی با قطبش s که از هوا تحت زاویه بروستر بر سطح دی الکتریکی با ضریب شکست n فرود می آید، ضریب بازتاب فرنل کدام است؟

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

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

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

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

۸۲- اگر پتانسیل‌های اسکالر و برداری تأخیری در فضای تهی  $\Phi = zx - xct$  و  $\vec{A} = \left(\frac{xz}{c} - xt\right)\hat{k}$  باشند، بردار میدان الکتریکی کدام است؟ ( $\Phi$  بر حسب ولت،  $\vec{A}$  بر حسب وبر بر متر و c سرعت نور است).

$$(1) (ct - z)\hat{i}$$

$$(2) (z - ct)\hat{i}$$

$$(3) (ct - z)\hat{j}$$

$$(4) (z - ct)\hat{j}$$

۸۳- درون ماده‌ای با رسانندگی صفر و ضریب گذردهی  $\epsilon_0$ ، شدت میدان مغناطیسی برابر است با

$$\vec{H} = 4 \sin(10^6 t - 0.1z) \hat{j} \frac{A}{m}$$

$$1 \quad (1)$$

$$3 \quad (2)$$

$$5 \quad (3)$$

$$9 \quad (4)$$

۸۴- شکل زیر یک حلقه رسانا حامل جریان  $I = 1A$  به شکل مستطیل در صفحه  $z = 0$  را نشان می‌دهد. اضلاع این

مستطیل با معادلات  $x = 1 \text{ cm}$  و  $x = 3 \text{ cm}$  و  $y = 2 \text{ cm}$  و  $y = 5 \text{ cm}$  توصیف می‌شوند. اگر میدان مغناطیسی

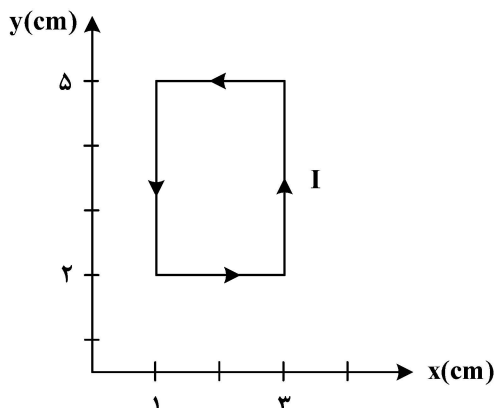
فضا  $\vec{B} = -3x\hat{i} + 5y\hat{j} - 2z\hat{k}$  بر حسب تسلا باشد، نیروی خالص وارد بر این حلقه جریان بر حسب نیوتن، کدام است؟

$$(1) -24 \times 10^{-4} \hat{k}$$

$$(2) -12 \times 10^{-4} \hat{k}$$

$$(3) 12 \times 10^{-4} \hat{k}$$

$$(4) 24 \times 10^{-4} \hat{k}$$



۸۵- در فضای برداری متناهی N بعدی، برای عملگرهای A و B و C رابطه جابه‌جایی  $[A, B] = iC$  برقرار است. اگر A و B عملگرهای خطی و هرمیتی باشند، کدام مورد برای عملگر C درست است؟

(۱) عملگر C هرمیتی است و همواره  $\text{trace}C = 0$  است.

(۲) عملگر C هرمیتی است و همواره  $\text{trace}C \neq 0$  است.

(۳) عملگر C پادهرمیتی است و همواره  $\text{trace}C = 0$  است.

(۴) عملگر C پادهرمیتی است و همواره  $\text{trace}C \neq 0$  است.

۸۶- اگر برای عملگرهای A و B و C، روابط  $[A, B] = C$  و  $[A, C] = 0$  برقرار باشد، حاصل عبارت  $e^A B e^{-A}$  کدام است؟

(۱)  $B + A$

(۲)  $A + C$

(۳)  $B + C$

(۴)  $B - A$

۸۷- هامیلتونی سیستمی به شکل زیر است:

$$H = E \begin{pmatrix} 0 & i & 0 \\ -i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

اگر حالت سیستم  $\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} 1-i \\ 1-i \\ 1 \end{pmatrix}$  باشد، احتمال اینکه با اندازه‌گیری انرژی مقدار  $-E$  به دست آید، کدام است؟

(۱)  $\frac{1}{5}$

(۲)  $\frac{2}{5}$

(۳)  $\frac{3}{5}$

(۴)  $\frac{4}{5}$

۸۸- اگر  $|n\rangle$  ویژه حالت نوسانگر هماهنگ ساده یک بعدی باشد، مقدار عبارت  $\langle 1 | \hat{x}^3 | 0 \rangle$  کدام است؟ ( $\hat{x}$  عملگر مکان است).

(۱)  $\left(\frac{\hbar}{2m\omega}\right)^{\frac{3}{2}}$

(۲)  $3\left(\frac{\hbar}{2m\omega}\right)^{\frac{3}{2}}$

(۳)  $5\left(\frac{\hbar}{2m\omega}\right)^{\frac{3}{2}}$

(۴) صفر

۸۹- تابع موج الکترون در اتم هیدروژن به صورت  $\psi = A(2\psi_{1,0,0} + 2\psi_{2,1,1} + i\psi_{2,1,-1})$  است که A مقدار ثابتی است. تحت عملگر پارینه، شکل این تابع موج کدام است؟

$$(1) \left(\frac{2}{3}\psi_{1,0,0} - \frac{2}{3}\psi_{2,1,1} - \frac{i}{3}\psi_{2,1,-1}\right)$$

$$(2) \left(-\frac{2}{3}\psi_{1,0,0} - \frac{2}{3}\psi_{2,1,1} - \frac{i}{3}\psi_{2,1,-1}\right)$$

$$(3) \left(\frac{2}{\sqrt{3}}\psi_{1,0,0} - \frac{2}{\sqrt{3}}\psi_{2,1,1} - \frac{i}{\sqrt{3}}\psi_{2,1,-1}\right)$$

$$(4) \left(-\frac{2}{\sqrt{3}}\psi_{1,0,0} - \frac{2}{\sqrt{3}}\psi_{2,1,1} + \frac{i}{\sqrt{3}}\psi_{2,1,-1}\right)$$

۹۰- حاصل عبارت  $[x^{10}, P_x] - [x, P_x^{10}]$  کدام است؟  $([x, P_x] = i\hbar)$

$$(1) 9i\hbar(x^{10} - P_x^{10})$$

$$(2) 9i\hbar(x^{10} + P_x^{10})$$

$$(3) 10i\hbar(x^9 + P_x^9)$$

$$(4) 10i\hbar(x^9 - P_x^9)$$

۹۱- انرژی پایه مجموعه ۸ الکترون که تحت پتانسیل نوسانگر هماهنگ سه بعدی قرار دارند چند برابر  $\hbar\omega$  است؟

$$(1) 8$$

$$(2) 16$$

$$(3) 18$$

$$(4) 32$$

۹۲- الکترونی در حالت اسپین  $A \begin{pmatrix} 3i \\ 4 \end{pmatrix}$  قرار دارد که A مقدار ثابتی است. مقدار چشم‌داشتی  $\langle S_z \rangle$  کدام است؟

$$(1) -\frac{17}{50}\hbar$$

$$(2) -\frac{7}{50}\hbar$$

$$(3) +\frac{7}{50}\hbar$$

$$(4) +\frac{17}{50}\hbar$$

۹۳- سه ذره بوزونی غیر برهم کنشی به جرم  $m$ ، در چاه پتانسیل یک بعدی نامتناهی به پهنای  $a$  محبوس اند. انرژی

این دستگاه در حالت پایه چند برابر  $\frac{\pi^2 \hbar^2}{ma^2}$  است؟

(۱)  $\frac{3}{2}$

(۲) ۳

(۳)  $\frac{9}{2}$

(۴) ۹

۹۴- اگر حالت الکترون در اتم هیدروژن، ترکیب خطی از حالت‌های مانای  $(n=1, \ell=1, m=1)$  و

$(n=2, \ell=1, m=-1)$  با دامنه احتمال یکسان باشد، مقدار چشم‌داشتی عملگر  $L_z$  کدام است؟

(۱) صفر

(۲)  $\hbar$

(۳)  $\frac{\hbar}{2}$

(۴)  $\frac{\hbar}{\sqrt{2}}$

۹۵- اگر  $\sigma_x, \sigma_y$  و  $\sigma_z$  ماتریس‌های پائولی باشند، حاصل عبارت  $e^{i\pi\sigma_x}\sigma_z e^{-i\pi\sigma_x}$  کدام است؟

(۱)  $-\sigma_z$

(۲)  $\sigma_y$

(۳)  $-\sigma_y$

(۴)  $\sigma_z$

