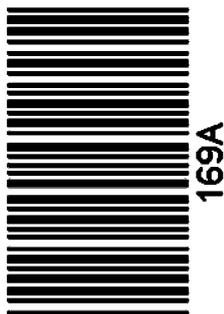


کد کنترل

169

A



169A

صبح جمعه

۱۴۰۲/۱۲/۰۴



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

«در زمینه مسائل علمی، باید دنبال قله بود.»
مقام معظم رهبری

آزمون ورودی دوره‌های کارشناسی ارشد ناپیوسته داخل – سال ۱۴۰۳

فیزیک (کد ۱۲۰۴)

مدت زمان پاسخگویی: ۲۷۰ دقیقه

تعداد سؤال: ۱۰۵

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، ۳)، فیزیک جدید، ترمودینامیک و مکانیک آماری، ریاضی فیزیک (۱ و ۲)	۴۰	۲۶	۶۵
۳	دروس تخصصی ۲ (مکانیک کلاسیک ۱ و ۲)، الکترومغناطیس (۱ و ۲)، مکانیک کوانتومی (۱ و ۲)	۴۰	۶۶	۱۰۵

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.

purpose. Wealthy families (9) private tutors to teach their children at home, while less well-off children were taught in groups. Teaching conditions for teachers could differ greatly. Tutors who taught in a wealthy family did so in comfort and with facilities; (10) been brought to Rome as slaves, and they may have been highly educated.

- 8- 1) which depending 2) and depended
3) for depended 4) that depended
- 9- 1) have employed 2) employed
3) were employed 4) employing
- 10- 1) some of these tutors could have 2) because of these tutors who have
3) that some of them could have 4) some of they should have

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:

Planck made many contributions to theoretical physics, but his fame rests primarily on his role as originator of the quantum theory. This theory revolutionized our understanding of atomic and subatomic processes, just as Albert Einstein's theory of relativity revolutionized our understanding of space and time. Together they constitute the fundamental theories of 20th-century physics. Both have forced humankind to revise some of the most-cherished philosophical beliefs, and both have led to industrial and military applications that affect every aspect of modern life.

Planck's concept of energy quanta, in other words, conflicted fundamentally with all past physical theory. He was driven to introduce it strictly by the force of his logic; he was, as one historian put it, a reluctant revolutionary. Indeed, it was years before the far-reaching consequences of Planck's achievement were generally recognized, and in this Einstein played a central role. In 1905, independently of Planck's work, Einstein argued that under certain circumstances, radiant energy itself seemed to consist of quanta (light quanta, later called photons), and in 1907 he showed the generality of the quantum hypothesis by using it to interpret the temperature dependence of the specific heats of solids.

- 11- The word "they" in paragraph 1 refers to
1) space and time
2) Planck and Einstein
3) atomic and subatomic processes
4) quantum theory and theory of relativity
- 12- The word "most-cherished" in paragraph 1 is closest in meaning to
1) long-lasting 2) greatly-loved
3) mostly theoretical 4) generally superstitious

- 13- According to paragraph 1,
- 1) Einstein was more famous than Planck during his lifetime
 - 2) Planck's ideas were too theoretical to find an applied usage
 - 3) it was particularly quantum theory that resulted in its originator's reputation
 - 4) theories of physics put to military use may lead to catastrophes, claiming innocent lives
- 14- The passage mentions all of the following terms EXCEPT
- 1) photons
 - 2) quantum hypothesis
 - 3) quantum mechanics
 - 4) theory of relativity
- 15- According to the passage, which of the following statements is true?
- 1) The full implications of Planck's achievement regarding the concept of energy quanta were not immediately obvious.
 - 2) Planck's contributions to quantum theory were in line with the established classical theory of physics, probably including that of Newtonian physics.
 - 3) Planck and Einstein's cooperation is a good example of teamwork in the field of science.
 - 4) Einstein's theories, in a way, helped Planck to elaborate on his quantum theory.

PASSAGE 2:

Galileo Galilei (1564–1642) was an Italian physicist who perfected the modern scientific method. His work on accelerated motion was essential groundwork for Newtonian physics. Unfortunately, Galileo's defense of Copernican (or heliocentric) astronomy—the view that Earth rotates around the sun, not the other way around—ran afoul of established religious doctrine. [1] The Catholic Church, which taught that Earth is stationary, declared in 1616 that heliocentrism was “false and altogether contrary to Scripture.”

In 1633 the elderly Galileo was brought before the Inquisition and found guilty of heresy (preaching incorrect belief) and shown the instruments of torture that would be used on him if he did not retract his statements. Under duress, Galileo publicly retracted his belief in heliocentrism and spent the rest of his life under house arrest. [2] Because of Galileo's conviction, scientists were fearful of speaking truthfully in Southern Europe for decades afterward, and most of the work in the Scientific Revolution was thereafter done in England and Northern Europe.

The church eventually admitted its mistake, but not until many years later. In 1822, the church lifted its ban on books teaching the view that Earth goes around the sun; in 1981, Pope John Paul II (1920–2005) convened a new commission to study the Galileo case. In 1992, the commission declared that the case had been marked by “tragic mutual incomprehension.” [3] This has not been enough for some; for instance, priest George Coyne, a former director of the Vatican observatory (1978–2006), would have liked a more thorough admission of responsibility for Galileo's persecution and a true apology. [4]

- 16- According to paragraph 1, all of the following statements are true EXCEPT that
- 1) Copernican astronomy held that the Earth rotates around the sun
 - 2) the Church officially condemned Newtonian physics
 - 3) the Catholic Church believed that the Earth is stationary
 - 4) Galileo favored heliocentrism

- 23- According to the passage, which of the following statements is true?
- 1) Einstein's most significant achievement in physics was a completely original idea, formulated without depending on previous scholarship.
 - 2) Einstein's three early papers on the foundations of statistical mechanics were in part colored and shaped by Gibbs' ideas.
 - 3) Boltzmann's ideas, in a way, greatly influenced Einstein's light-quantum postulate.
 - 4) In 1905, *Annalen der Physik* published Einstein's first scientific articles in physics.
- 24- In which position marked by [1], [2], [3] or [4], can the following sentence best be inserted in the passage?
Of special importance for his later research was the derivation of the energy-fluctuation formula for the canonical ensemble.
- 1) [2]
 - 2) [3]
 - 3) [4]
 - 4) [1]
- 25- The passage provides sufficient information to answer which of the following questions?
- I. What are some of the distinctions between the microcanonical and canonical ensembles?
 - II. What was Einstein's purpose in his three early papers?
 - III. How Einstein's analysis of energy and momentum fluctuations shaped the course of physics?
- 1) Only I
 - 2) Only II
 - 3) Only III
 - 4) I and II

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

- ۲۶- قطار بین شهری فاصله ۶۳ کیلومتری بین دو شهر را در مدت زمان یک ساعت و ده دقیقه می پیماید. در بین این دو شهر ایستگاههایی وجود دارد. اگر سرعت متوسط قطار بین دو ایستگاه متوالی ۷۰ کیلومتر بر ساعت باشد، کل زمانی را که قطار در ایستگاهها توقف داشته، چند دقیقه بوده است؟
- ۱) ۶
 - ۲) ۷
 - ۳) ۱۴
 - ۴) ۱۶
- ۲۷- گلوله‌ای به جرم ۰/۴ کیلوگرم را به طور عمود با سرعت ۳۰ متر بر ثانیه به سمت بالا پرتاب می کنیم. گلوله بعد از ۲/۵ ثانیه به بیشترین ارتفاعش می رسد. نیروی متوسط مقاومت هوا که بر این گلوله وارد شده است، چند نیوتن است؟ (شتاب جاذبه زمین را $g = ۱۰ \frac{m}{s^2}$ بگیرید.)
- ۱) ۰/۸
 - ۲) ۰/۹
 - ۳) ۱/۰
 - ۴) ۱/۲

۲۸- گلوله‌ای به جرم m با سرعت ثابت v در حال حرکت است. این گلوله در مسیر خود، با گلوله دیگری به جرم m که ساکن است، برخورد ناکشسان انجام می‌دهد. بعد از برخورد، گلوله اول در راستای اولیه عمود بر راستای حرکتش،

با سرعت $\frac{v}{2}$ حرکت می‌کند. اندازه سرعت گلوله دوم بعد از برخورد چقدر است؟

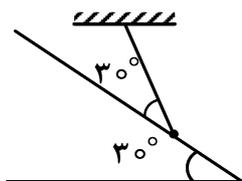
$$(1) \frac{v}{2}$$

$$(2) \frac{\sqrt{2}}{2}v$$

$$(3) \frac{\sqrt{3}}{2}v$$

$$(4) \frac{\sqrt{5}}{2}v$$

۲۹- مطابق شکل گلوله آونگی که از سقف آویزان است، بر روی سطح شیب‌داری، با زاویه شیب 30° قرار دارد. راستای نخ آونگ، با سطح شیب‌دار نیز زاویه 30° می‌سازد. نیرویی که از طرف سطح شیب‌دار به گلوله وارد می‌شود، چند برابر وزن گلوله است؟ (از اصطکاک چشم‌پوشی کنید.)



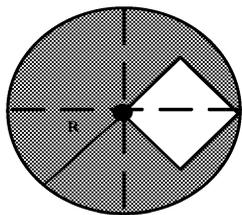
$$(1) \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$(2) \frac{1}{\sqrt{3}}$$

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

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

۳۰- یک قرص دایره‌ای یکنواخت به شعاع R داریم. مطابق شکل، بخشی از این قرص را به شکل مربع، جدا کرده‌ایم. در این حالت مرکز جرم قرص در چه فاصله‌ای از مرکز آن قرار دارد؟



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

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

$$(3) \frac{R}{2(2\pi - 1)}$$

$$(4) \frac{R}{2(2\pi + 1)}$$

۳۱- یک کره توپر به شعاع R_1 دارای بار الکتریکی با چگالی حجمی $\rho(r) = \frac{A}{r}$ است. مقدار ثابتی است و r فاصله هر نقطه از کره تا مرکز آن است. این کره درون یک پوسته کروی بزرگتر به شعاع R_2 قرار دارد. پوسته کروی دارای چگالی سطحی بار منفی یکنواخت $-\sigma$ است. اگر بار کل این مجموعه صفر باشد، نسبت $\frac{R_2}{R_1}$ چقدر است؟

$$\sqrt{\frac{A}{2\pi\sigma}} \quad (1)$$

$$\sqrt{\frac{A}{2\sigma}} \quad (2)$$

$$\sqrt{\frac{2A}{\sigma}} \quad (3)$$

$$\sqrt{\frac{2\pi A}{\sigma}} \quad (4)$$

۳۲- دو گلوله مشابه کوچک باردار با بارهای مساوی، توسط دو نخ هم‌اندازه، از یک نقطه آویزان شده‌اند. گلوله‌ها از ماده‌ای با چگالی $1/6$ گرم بر سانتی‌متر مکعب ساخته شده‌اند. زاویه بین نخ‌ها 30° است. اگر این مجموعه را درون مایعی با چگالی $0/8$ گرم بر سانتی‌متر مکعب فرو ببریم، دیده می‌شود که زاویه بین نخ‌ها همان 30° باقی می‌ماند. ثابت دی‌الکتریک مایع کدام است؟

$$1 \quad (1)$$

$$2 \quad (2)$$

$$3 \quad (3)$$

$$4 \quad (4)$$

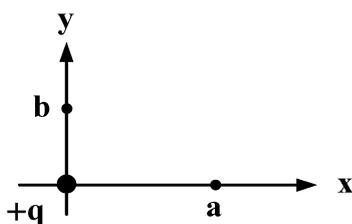
۳۳- بار $+q$ در مبدأ مختصات قرار دارد. کار لازم برای انتقال بار Q از نقطه ای روی محور x با طول $x = a$ به نقطه‌ای روی محور y با عرض $y = b$ ، کدام است؟

(۱) صفر

$$\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0} \frac{a+b}{ab} \quad (2)$$

$$\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0} \frac{a-b}{ab} \quad (3)$$

$$\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0} \frac{b-a}{ab} \quad (4)$$



۳۴- شکل زیر سه سیم رسانای بسیار دراز را نشان می‌دهد که موازی یکدیگر، در یک صفحه قرار دارند. سیم A حامل جریان I، سیم B حامل جریان 2I و سیم C حامل جریان 3I است. جهت نیروی برآیند وارد بر سیم وسط

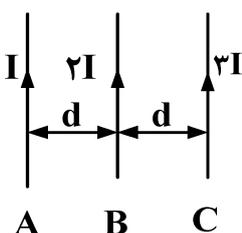
(سیم B) کدام است؟

(۱) به سمت سیم A

(۲) به سمت سیم C

(۳) عمود بر صفحه کاغذ به سمت داخل

(۴) عمود بر صفحه کاغذ به سمت خارج



۳۵- یک قرص دایره‌ای به شعاع R دارای بار الکتریکی با چگالی سطحی یکنواخت σ است. این قرص با سرعت زاویه‌ای ثابت ω حول محورش (محوری که بر قرص عمود است و از مرکز قرص می‌گذرد) دوران می‌کند. گشتاور مغناطیسی این قرص کدام است؟

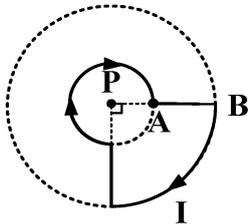
$$(1) \pi R^4 \sigma \omega$$

$$(2) 2\pi R^4 \sigma \omega$$

$$(3) \frac{\pi R^4}{2} \sigma \omega$$

$$(4) \frac{\pi R^4}{4} \sigma \omega$$

۳۶- از مدار نشان داده شده در شکل زیر، جریان I می‌گذرد. میدان مغناطیسی در نقطه P (مرکز دایره کوچکتر) کدام است؟ ($PA = R$ ، $PB = 2R$ و این مدار بخش‌هایی از دو دایره هم‌مرکز به شعاع‌های R و $2R$ است.)



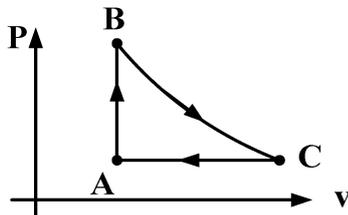
$$(2) \frac{3\mu_0 I}{16\pi R}$$

$$(4) \frac{7\mu_0 I}{16R}$$

$$(1) \frac{3\mu_0 I}{4\pi R}$$

$$(3) \frac{3\mu_0 I}{8R}$$

۳۷- یک مول گاز ایده‌آل دو اتمی، چرخه $ABCA$ نشان داده شده در شکل زیر را طی می‌کند. فرایند BC بی‌دررو است. دما در نقطه A برابر با 400 کلوین، در نقطه B برابر با 800 کلوین و در نقطه C برابر با 600 کلوین است. کدام مورد درست است؟ (R ثابت عمومی گازهاست.)



(۱) تغییر انرژی درونی گاز در کل چرخه برابر با $250R$ است.

(۲) تغییر انرژی درونی گاز در فرایند BC برابر با $-500R$ است.

(۳) تغییر انرژی درونی گاز در فرایند CA برابر با $700R$ است.

(۴) تغییر انرژی درونی گاز در فرایند AB برابر با $-350R$ است.

۳۸- مخزن آبی که روی زمین قرار دارد، تا ارتفاع 50 سانتی‌متر، از آب پر شده است. در ارتفاع 40 سانتی‌متری از کف مخزن، سوراخی در بدنه آن ایجاد شده است. آبی که از این سوراخ خارج می‌شود در فاصله چند سانتی‌متری از مخزن با سطح زمین برخورد می‌کنند؟

$$(1) 20$$

$$(2) 35$$

$$(3) 40$$

$$(4) 45$$

۳۹- سه مایع مختلف با جرم‌های مساوی داریم. دمای مایع اول 12 درجه سلسیوس، دمای مایع دوم 19 درجه سلسیوس و دمای مایع سوم 30 درجه سلسیوس است. اگر مایع اول و دوم را مخلوط کنیم، دمای تعادل برابر با 16 درجه سلسیوس می‌شود. اگر مایع دوم و سوم را مخلوط کنیم، دمای تعادل 22 درجه سلسیوس خواهد شد. دمای تعادل مخلوط مایع اول و سوم چند درجه سلسیوس است؟

$$(1) 20$$

$$(2) 19$$

$$(3) 18$$

$$(4) 17$$

۴۰- یک پوسته کروی فلزی با شعاع داخلی a و شعاع خارجی b ، در آب به طور کامل غوطه‌ور است. اگر چگالی

این فلز λ برابر چگالی آب باشد، نسبت $\frac{a}{b}$ کدام است؟

$$(1) \left(\frac{7}{8}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$(2) \left(\frac{5}{8}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$(3) \left(\frac{1}{3}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$(4) \left(\frac{1}{8}\right)^{\frac{1}{3}}$$

۴۱- یک ماشین کارنو بین دماهای 800 کلوین و 200 کلوین کار می‌کند. اگر این ماشین در هر چرخه 1200 ژول کار انجام دهد، در هر چرخه چه مقدار انرژی گرمایی از منبع با دمای بالا گرفته می‌شود؟

$$(1) 1600$$

$$(2) 800$$

$$(3) 1200$$

$$(4) 1800$$

۴۲- هنگامی که نوری با طول موج λ به سطح فلزی تابیده می‌شود، پتانسیل قطع فوتوالکترون‌ها 6 ولت است. اگر طول موج سه برابر شود، پتانسیل قطع فوتوالکترون‌ها 2 ولت می‌شود. λ کدام است؟ (h ثابت پلانک، c سرعت نور و e اندازه بار الکترون است.)

$$(1) \frac{1}{12} \frac{hc}{e}$$

$$(2) \frac{1}{6} \frac{hc}{e}$$

$$(3) \frac{1}{3} \frac{hc}{e}$$

$$(4) \frac{2}{3} \frac{hc}{e}$$

۴۳- در یک آزمایش پراکندگی کامپتون، تغییر طول موج فوتون 3 برابر طول موج فوتون ورودی است. اگر زاویه پراکندگی فوتون نسبت به راستای اولیه، 60° درجه باشد، طول موج فوتون ورودی کدام است؟ (h ثابت پلانک، c سرعت نور و m_e جرم الکترون است.)

$$(1) \frac{h}{6 m_e c}$$

$$(2) \frac{h}{3 m_e c}$$

$$(3) \frac{2h}{3 m_e c}$$

$$(4) \frac{\sqrt{3}h}{6 m_e c}$$

۴۴- ناظری نسبت به جسمی دایره‌ای، موازی با صفحه دایره، حرکت می‌کند. اگر مساحتی که این ناظر متحرک برای این جسم اندازه‌گیری می‌کند، نصف مساحت جسم از دید ناظر ساکن باشد، سرعت ناظر متحرک چه کسری از سرعت نور است؟

$$(1) \frac{\sqrt{3}}{4}$$

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

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

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

۴۵- ذره‌ای به جرم سکون m با سرعت $\frac{7}{8}c$ سرعت نور با ذره ساکنی با جرم سکون $3m$ برخورد کاملاً ناکشسان انجام می‌دهد. سرعت جرم مرکب بعد از برخورد چه کسری از سرعت نور است؟

$$(1) \frac{2}{7}$$

$$(2) \frac{3}{8}$$

$$(3) \frac{3}{7}$$

$$(4) \frac{5}{8}$$

۴۶- در یک محیط مادی، رابطه بسامد زاویه‌ای یک موج با عدد موج، به شکل $\omega = \sqrt{ak + bk^3}$ است. a و b مقادیر ثابتی هستند. نسبت سرعت گروه به سرعت فاز در این محیط برای طول موج‌های کوچک کدام است؟

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

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

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

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

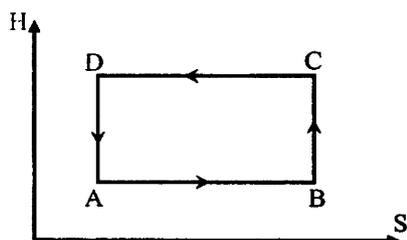
۴۷- چرخه زیر تغییرات آنتالپی سیستمی را برحسب آنتروپی نشان می‌دهد. فرایندهای BC و DA فرایندهایی با آنتروپی ثابت و فرایندهای AB و CD فرایندهایی با آنتالپی ثابت هستند. کدام یک از موارد زیر درخصوص فرایندهای این چرخه درست است؟

(۱) AB هم‌دما و DA بی‌دررو است.

(۲) AB هم‌دما و BC هم‌حجم است.

(۳) CD بی‌دررو و BC هم‌فشار است.

(۴) CD بی‌دررو و DA هم‌دما است.



۴۸- نمودار فشار برحسب حجم برای یک ماشین کارنو به شکل زیر است. فرایندهای AB و CD فرایندهای هم‌دما به ترتیب در دمای $4T_0$ و T_0 هستند. و فرایندهای BC و DA فرایندهای بی‌درورو هستند اگر کار انجام شده توسط یک گاز تک‌اتمی در این چرخه برابر با W_1 و کار انجام شده توسط یک گاز دو‌اتمی، برابر با W_2 باشد، نسبت



$$\frac{W_2}{W_1} \text{ کدام است؟ } (V_C = 64V_A)$$

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

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

$$3 \quad (3)$$

$$2 \quad (4)$$

۴۹- رابطه فشار و حجم یک مول گاز ایده‌آل، در یک فرایند ترمودینامیکی به شکل $P = P_0 \left(1 - \frac{V_0}{2V}\right)$ است. P_0 و V_0 مقادیر ثابتی هستند. اگر در این فرایند، حجم گاز از V_0 به $3V_0$ افزایش یابد، دمای آن چقدر تغییر می‌کند؟ (R ثابت عمومی گازه‌هاست)

$$\frac{P_0 V_0}{R} \quad (2) \qquad \frac{2P_0 V_0}{R} \quad (1)$$

$$\frac{2P_0 V_0}{3R} \quad (4) \qquad \frac{3P_0 V_0}{2R} \quad (3)$$

۵۰- رابطه ظرفیت گرمایی ویژه برای سیستمی متشکل از N ذره با اسپین $\frac{1}{2}$ به شکل زیر است.

$$C(T) = \begin{cases} C_0 \left(\frac{2T}{T_0} - 1 \right) & \frac{T_0}{2} < T < T_0 \\ 0 & T < \frac{T_0}{2}, T > T_0 \end{cases}$$

اگر در دماهای بسیار بیشتر از T_0 جهت‌گیری اسپین این ذرات کاملاً بی‌نظم باشد و در دماهای بسیار کمتر از T_0 دارای نظم فرومغناطیسی باشد، C_0 کدام است؟ (k_B ثابت بولتزمن است).

$$Nk_B \quad (1)$$

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

$$Nk_B (1 - \ln 2) \quad (3)$$

$$\frac{Nk_B \ln 2}{1 - \ln 2} \quad (4)$$

۵۱- اگر تغییر آنتروپی یک گاز ایده‌آل در یک فرایند انبساط برگشت‌پذیر هم‌فشار، برابر با ΔS_1 باشد و تغییر آنتروپی گاز برای همین انبساط حجم، در یک فرایند برگشت‌پذیر هم‌دما برابر با ΔS_2 باشد، کدام مورد درست است؟ (V_1 و V_2 حجم گاز در حالت‌های اولیه و ثانویه است).

$$\Delta S_1 = \Delta S_2 \quad (2) \qquad \Delta S_1 < \Delta S_2 \quad (1)$$

$$\frac{\Delta S_1}{V_1} > \frac{\Delta S_2}{V_2} \quad (4) \qquad \Delta S_1 > \Delta S_2 \quad (3)$$

۵۲- تابع توزیع سرعت برای مجموعه‌ای از ذرات به شکل $f(v) = \frac{v}{v_0} e^{-\frac{v}{v_0}}$ است که در آن v_0 مقدار ثابتی

است. ریشه میانگین مربعی سرعت ذرات این سیستم v_{rms} ، کدام است؟

$$(1) \sqrt{6} v_0$$

$$(2) \sqrt{3} v_0$$

$$(3) \sqrt{2} v_0$$

$$(4) 2v_0$$

۵۳- سیستمی با دو تراز انرژی، که اختلاف آنها برابر با ϵ است. در نظر بگیرید. این ترازهای انرژی، در دمای مطلق T توسط N ذره کلاسیک اشغال شده‌اند. ظرفیت گرمایی هر مول از این ذرات در دماهای بسیار کم کدام

است؟ $\beta = \frac{1}{k_B T}$ و k_B ثابت بولتزمن است. R نیز ثابت عمومی گازهاست.

$$(1) R\beta^2 \epsilon^2 e^{-R\epsilon}$$

$$(2) R\beta e^{-\beta\epsilon}$$

$$(3) R\beta \epsilon (1 - e^{-\beta\epsilon})$$

$$(4) R\beta \epsilon (1 + e^{-\beta\epsilon})$$

۵۴- انرژی آزاد سیستمی متشکل از N نوسانگر یک‌بعدی تمیزپذیر، با بسامد ارتعاشی ω ، کدام است؟

$$(1) F = Nk_B T$$

$$(2) F = -Nk_B T \ln\left(\frac{k_B T}{h\omega}\right)$$

$$(3) F = -Nk_B T \left(1 + \ln\frac{k_B T}{h\omega}\right)$$

$$(4) F = Nk_B T \left(1 - \ln\frac{k_B T}{h\omega}\right)$$

۵۵- اگر \vec{A} برداری ثابت و \vec{r} بردار مکان باشد، حاصل عبارت $\vec{\nabla}(\vec{A} \cdot \vec{r})$ کدام است؟

$$(1) \vec{A}$$

$$(2) |\vec{A}| \vec{r}$$

$$(3) 3\vec{A}$$

$$(4) 3|\vec{A}| \vec{r}$$

۵۶- جواب کلی معادله دیفرانسیل با مشتقات جزئی زیر را بر حسب تابع دلخواه f به کدام صورت می‌توان نوشت؟

$$\frac{\partial \phi}{\partial x} + \frac{\partial \phi}{\partial y} + (x+y)\phi = 0$$

$$(1) \phi(x, y) = e^{-xy} f(x+y)$$

$$(2) \phi(x, y) = e^{+xy} f(x-y)$$

$$(3) \phi(x, y) = e^{-xy} f(x-y)$$

$$(4) \phi(x, y) = e^{+xy} f(x+y)$$

۵۷- اگر A_1 و A_2 و A_3 سه مؤلفه از بردار \vec{A} باشند و متریک فضا به شکل $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$ باشد، اندازه

بردار \vec{A} کدام است؟

$$\sqrt{A_1^2 + (A_2 A_3)^2} \quad (1)$$

$$\sqrt{A_1^2 + A_2 A_3} \quad (2)$$

$$\sqrt{A_1^2 + (A_2^2 + A_3^2)} \quad (3)$$

$$\sqrt{A_1^2 + 2A_2 A_3} \quad (4)$$

۵۸- معادله پارامتری مسیر ذره‌ای به شکل زیر است:

$$x = a \cos \theta \quad \text{و} \quad y = a \sin \theta \quad \text{و} \quad z = b\theta$$

a و b مقادیر ثابتی هستند. بردار یک مماس بر مسیر، در نقطه $\theta = \frac{\pi}{4}$ ، کدام است؟

$$\frac{-a\hat{j} - b\hat{k}}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (1)$$

$$\frac{-a\hat{j} + b\hat{k}}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (2)$$

$$\frac{a\hat{j} - b\hat{k}}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (3)$$

$$\frac{a\hat{j} + b\hat{k}}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (4)$$

۵۹- نمایش قطری شده ماتریس $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$ کدام است؟

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \sqrt{2} & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{pmatrix} \sqrt{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\sqrt{2} \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{pmatrix} \sqrt{2} & 0 & 0 \\ 0 & -\sqrt{2} & 0 \\ 0 & 0 & \sqrt{2} \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

۶۰- اگر $A = \begin{pmatrix} 0 & 2 \\ 2 & 0 \end{pmatrix}$ ، آنگاه $e^{\frac{i\pi A}{6}}$ ، کدام است؟

$$\frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & \sqrt{3}i \\ \sqrt{3}i & -1 \end{pmatrix} \quad (۲)$$

$$\frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & -\sqrt{3}i \\ -\sqrt{3}i & +1 \end{pmatrix} \quad (۱)$$

$$\frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & \sqrt{3}i \\ \sqrt{3}i & 1 \end{pmatrix} \quad (۴)$$

$$\frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & -\sqrt{3}i \\ \sqrt{3}i & 1 \end{pmatrix} \quad (۳)$$

۶۱- اگر $f(x)$ یک تابع زوج باشد حاصل انتگرال $\int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \delta(x^2 - 2) dx$ ، کدام است؟

$$\frac{f(2)}{\sqrt{2}} \quad (۱)$$

$$\frac{f(\sqrt{2})}{\sqrt{2}} \quad (۲)$$

$$\frac{f(\sqrt{2})}{2} \quad (۳)$$

$$f(\sqrt{2}) \quad (۴)$$

۶۲- تابع $f(x, y) = 3x - y + 5 + i(ax + by - 3)$ مفروض است. a و b مقادیر ثابتی هستند. اگر این تابع همه جا تحلیلی باشد، حاصل $b - a$ ، کدام است؟

$$-4 \quad (۱)$$

$$-2 \quad (۲)$$

$$2 \quad (۳)$$

$$4 \quad (۴)$$

۶۳- A و B عملگرهایی در فضای برداری با بعد متناهی هستند. کدام عبارت نادرست است؟

$$\det(A + B) = \det A + \det B \quad (۱)$$

$$\det(AB) = \det A + \det B \quad (۲)$$

$$\text{tr}(AB) = \text{tr}(BA) \quad (۳)$$

$$\text{tr}(A + B) = \text{tr}(A) + \text{tr}(B) \quad (۴)$$

۶۴- حاصل انتگرال $\oint_C \frac{e^z dz}{z^4 + 5z^3}$ روی دایره $|z| = 2$ ، کدام است؟

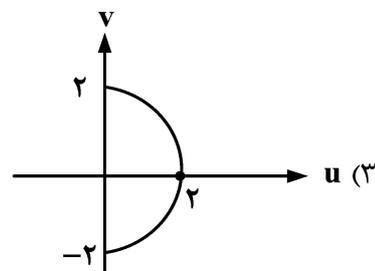
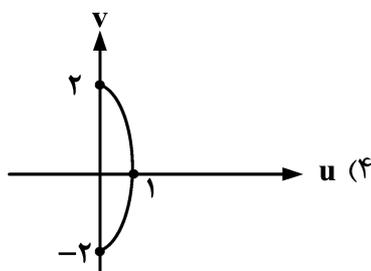
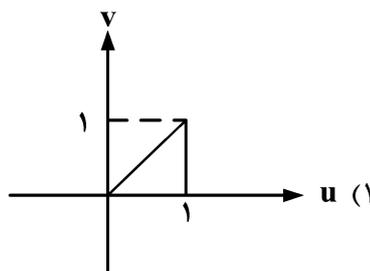
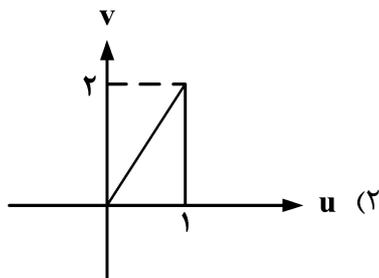
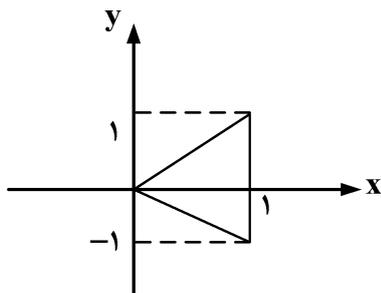
$$\frac{7\pi i}{25} \quad (۱)$$

$$\frac{7\pi i}{35} \quad (۲)$$

$$\frac{17\pi i}{125} \quad (۳)$$

$$\frac{17\pi i}{135} \quad (۴)$$

۶۵- شکل روبه‌رو تحت نگاشت $f(z) = z^2$ ، به کدام شکل تبدیل می‌شود؟



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

۶۶- به ذره‌ای به جرم ۲ کیلوگرم، نیروی $\vec{F} = 4\hat{i} + 2\hat{j}$ (بر حسب نیوتن)، وارد می‌شود. اگر در لحظه $t = 0$ این ذره در مکان $\vec{r} = 3\hat{i} + 2\hat{j}$ (بر حسب متر) و سرعت آن $\vec{v} = \hat{i} - 2\hat{j}$ (بر حسب متر بر ثانیه) باشد، فاصله آن تا مبدأ مختصات در لحظه $t = 2$ ثانیه، چند متر است؟

(۱) ۶

(۲) ۸

(۳) ۹

(۴) ۱۲

۶۷- ذره‌ای با سرعت وابسته به مکان $v = \sqrt{ax}$ ، بر روی محور x حرکت می‌کند، که در آن $a = 2 \frac{m}{s^2}$ است. اگر

در لحظه $t = 0$ ، این ذره در مبدأ مختصات باشد، سرعت ذره در لحظه $t = 5s$ چند متر بر ثانیه است؟

(۱) ۵

(۲) $\frac{5}{2}$

(۳) ۱۰

(۴) $2\sqrt{5}$

۶۸- ذره‌ای بر روی محور x بین نقاط $x_1 = 4 \text{ cm}$ و $x_2 = 7 \text{ cm}$ ، حرکت نوسانی ساده انجام می‌دهد. اگر سرعت این ذره در نقطه‌ی وسط x_1 و x_2 برابر با 2 سانتی‌متر بر ثانیه باشد، زمان یک نوسان کامل چند ثانیه است؟

$$(1) \frac{2}{3}\pi$$

$$(2) \frac{3}{2}\pi$$

$$(3) 2\pi$$

$$(4) \frac{1}{2}\pi$$

۶۹- ذره‌ای به جرم یک کیلوگرم بر روی محور x حرکت می‌کند. به این ذره نیروی وابسته به مکان $F = -\frac{A}{x^3}$

وارد می‌شود. x فاصله ذره از مبدأ مختصات است و $A = 4 \text{ N}\cdot\text{m}^3$. اگر این ذره از نقطه $x = 6 \text{ m}$ از حال سکون رها شود، بعد از چند ثانیه به مبدأ مختصات می‌رسد؟

$$(1) 24$$

$$(2) 18$$

$$(3) 12$$

$$(4) 6$$

۷۰- گلوله‌ای به جرم $m_1 = M$ با سرعت v_0 به گلوله دیگری به جرم $m_2 = \alpha M$ که در همان جهت با سرعت

$\frac{v_0}{\alpha}$ در حرکت است، برخورد می‌کند (α یک عدد ثابت بزرگتر از یک است). اگر گلوله اول، بعد از برخورد، ساکن شود، ضریب جهندگی این دو گلوله کدام است؟

$$(1) \frac{2}{\alpha - 1}$$

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

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

$$(4) \frac{2\alpha}{\alpha - 1}$$

۷۱- جسمی به جرم m از ارتفاع h ، نسبت به سطح زمین، بدون سرعت اولیه، رها می‌شود. اگر مقاومت هوا $F = -mkv$ باشد (k یک ثابت مثبت و v سرعت جسم در هر لحظه است)، مکان ذره در هر لحظه کدام است؟

$$(1) h - \frac{g}{k}te^{-kt}$$

$$(2) h - \frac{g}{k}t(1 - e^{-kt})$$

$$(3) h - \frac{g}{k}t + \frac{g(1 - e^{-kt})}{k^2}$$

$$(4) h + \frac{g}{k}t - \frac{g(1 - e^{-kt})}{k^2}$$

۷۲- میله یکنواختی به طول L و جرم M ، از یک سر به محور افقی بدون اصطکاکی لولا شده است و می تواند در صفحه قائم آزادانه، حول این محور بچرخد. گلوله‌ای به جرم $m = \frac{M}{3}$ به طور افقی با سرعت v به وسط میله شلیک می‌شود. گلوله در میله فرو می‌رود و مجموعه با هم حرکت می‌کنند. سرعت زاویه‌ای دوران میله درست بعد از برخورد کدام است؟

$$(1) \frac{v}{4L}$$

$$(2) \frac{v}{6L}$$

$$(3) \frac{2v}{3L}$$

$$(4) \frac{2v}{5L}$$

۷۳- ذره‌ای به جرم m در یک بُعد در انرژی پتانسیل $U = \frac{a}{x^2} - \frac{b}{x}$ حرکت می‌کند (a و b ثابت‌های مثبت هستند). بسامد زاویه‌ای نوسان‌های کوچک، حول نقطه‌ی تعادل، کدام است؟

$$(1) \omega = \frac{b^2}{2a\sqrt{2ma}}$$

$$(2) \omega = \frac{b^2}{a\sqrt{3ma}}$$

$$(3) \omega = \frac{b^2}{a\sqrt{6ma}}$$

$$(4) \omega = \frac{b^2}{4a\sqrt{ma}}$$

۷۴- انرژی جنبشی ذره‌ای در مختصات کروی به شکل $T = \frac{1}{2}mb^2\dot{\theta}^2 + \frac{1}{2}mb^2\sin^2\theta\dot{\phi}^2$ است (b مقدار ثابتی است). انرژی پتانسیل ذره نیز $U(\theta, \phi)$ است. هامیلتونی ذره کدام است؟ (p_θ و p_ϕ مؤلفه‌های تکانه ذره هستند).

$$(1) \frac{p_\theta^2}{2mb^2} + \frac{p_\phi^2}{2mb^2\sin^2\theta} + U(\theta, \phi)$$

$$(2) \frac{p_\theta^2 \sin^2\theta}{2mb^2} + \frac{p_\phi^2}{2mb^2} + U(\theta, \phi)$$

$$(3) \frac{p_\theta^2}{2mb^2} + \frac{p_\phi^2 \sin^2\theta}{2mb^2} + U(\theta, \phi)$$

$$(4) \frac{p_\theta^2}{2mb^2\sin^2\theta} + \frac{p_\phi^2}{2mb^2} + U(\theta, \phi)$$

۷۵- ذره‌ای در یک نیروی مرکزی حرکت می‌کند. معادله مسیر آن $\frac{1}{r} = A \cos \theta + B$ است. (A و B مقادیر ثابتی هستند). شکل نیروی مرکزی کدام است؟ (β ، α و γ مقادیر ثابتی هستند).

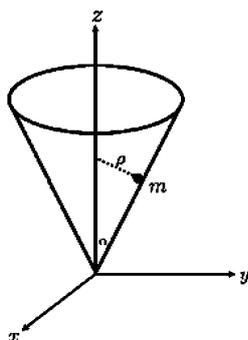
$$f = \frac{\alpha}{r^\Delta} + \frac{\beta}{r^\gamma} \quad (1)$$

$$f = \frac{\alpha}{r^\Delta} + \frac{\beta}{r^\Delta} + \frac{\gamma}{r^\Delta} \quad (2)$$

$$f = \frac{\alpha}{r^\Delta} + \frac{\beta}{r^\gamma} + \frac{\gamma}{r^\gamma} \quad (3)$$

$$f = \frac{\alpha}{r^\gamma} + \frac{\beta}{r^\gamma} \quad (4)$$

۷۶- ذره‌ای به جرم m بر سطح داخلی مخروط وارونی با زاویه رأس α ، مطابق شکل، حرکت می‌کند. لاگرانژی این ذره کدام است؟ (ρ فاصله شعاعی تا محور Z و ϕ زاویه سمتی چرخش حول محور Z است).



$$\frac{1}{2} m \left(\frac{\dot{\rho}^2}{\sin^2 \alpha} + \rho^2 \dot{\phi}^2 \right) - \frac{mg\rho}{\tan \alpha} \quad (1)$$

$$\frac{1}{2} m (\dot{\rho}^2 + \rho^2 \sin^2 \alpha \dot{\phi}^2) - \frac{mg\rho}{\tan \alpha} \quad (2)$$

$$\frac{1}{2} m \left(\frac{\dot{\rho}^2}{\sin^2 \alpha} + \rho^2 \dot{\phi}^2 \right) - mg\rho \cos \alpha \quad (3)$$

$$\frac{1}{2} m (\dot{\rho}^2 + \rho^2 \sin^2 \alpha \dot{\phi}^2) - mg\rho \cos \alpha \quad (4)$$

۷۷- سیاره‌ای به جرم m بر روی مسیر بیضوی به دور یک ستاره سنگین می‌چرخد. قطر بزرگ بیضی برابر با $2a$ است. نزدیک‌ترین فاصله بین سیاره و ستاره، برابر با $\frac{a}{\epsilon}$ است. اگر سرعت سیاره در نقطه‌ی حضیض (نزدیک‌ترین فاصله تا ستاره)

برابر با v_1 و سرعت سیاره در نقطه‌ی اوج (دورترین فاصله از ستاره) برابر با v_2 باشد، نسبت $\frac{v_1}{v_2}$ کدام است؟

$$6 \quad (1)$$

$$9 \quad (2)$$

$$11 \quad (3)$$

$$12 \quad (4)$$

۷۸- معادله حرکت یک نوسانگر میرا $x(t) = Ae^{-\frac{\omega}{2}t} \cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\omega t\right)$ است. نسبت دامنه حرکت بعد از گذشت یک

زمان تناوب از آغاز حرکت، به دامنه حرکت در لحظه $t = 0$ ، کدام است؟ (A و ω مقادیر ثابتی هستند).

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

$$e^{-2\pi} \quad (3) \quad e^{-\frac{\sqrt{3}\pi}{2}} \quad (4)$$

۷۹- میدان برداری $\vec{F} = (axy + bz)\hat{i} + (x^2 - cz^2)\hat{j} + (3x - yz)\hat{k}$ که در آن a ، b و c مقادیر ثابتی هستند، یک میدان غیرچرخشی است. واگرایی این میدان در نقطه $(-1, 3, 2)$ کدام است؟

(۱) -۱

(۲) ۲

(۳) ۳

(۴) ۶

۸۰- میدان الکتریکی با رابطه $\vec{E} = \frac{6x^2y}{\epsilon_0}\hat{i} + \frac{3x^2}{\epsilon_0}\hat{j}$ (بر حسب نیوتون بر کولن) داده شده است. کل بار الکتریکی

موجود در ناحیه $0 < x < 10 \text{ cm}$ ، $0 < y < 10 \text{ cm}$ و $0 < z < 10 \text{ cm}$ چند میکروکولن است؟ (ϵ_0 ضریب گذردهی خلأ است.)

(۱) ۱۸

(۲) ۲۶

(۳) ۲۰

(۴) ۳۰

۸۱- بر روی سطح کره‌ای که مرکز آن بر مبدأ مختصات منطبق است، پتانسیل الکتریکی به شکل $\Phi = \Phi_0 \cos^2 \theta$ است. θ زاویه قطبی در دستگاه مختصات کروی و $\Phi_0 = 6 \text{ V}$ است. پتانسیل الکتریکی در مرکز کره چند کولن است؟

(۱) ۲

(۲) 2π

(۳) ۴

(۴) ۴

۸۲- میدان الکتریکی ناشی از یک توزیع بار با تقارن کروی، به شکل $\vec{E} = \alpha \left(1 - e^{-\frac{r}{\beta}}\right) \frac{\vec{r}}{r^3}$ است. بار الکتریکی

محبوس در کره‌ای به مرکز مبدأ مختصات و شعاع β کدام است؟ (α و β مقادیر ثابتی هستند و r فاصله‌ی هر نقطه تا مبدأ مختصات است.)

$$4\pi\epsilon_0\alpha \left(\frac{e+1}{e}\right) \quad (1)$$

$$4\pi\epsilon_0\alpha \left(\frac{e-1}{e}\right) \quad (2)$$

$$2\pi\epsilon_0\alpha \left(\frac{2e+1}{e}\right) \quad (3)$$

$$2\pi\epsilon_0\alpha \left(\frac{2e-1}{e}\right) \quad (4)$$

۸۳- یک صفحه رسانای نامتناهی منطبق بر صفحه $z = 0$ در پتانسیل الکتریکی صفر قرار دارد. در بالای این صفحه، بار الکتریکی نقطه‌ای $+q$ در نقطه $(0, 0, h)$ و بار نقطه‌ای $-q$ در نقطه $(0, 0, 2h)$ قرار دارند. اندازه نیروی وارد بر $+q$ چند برابر اندازه نیروی وارد بر بار $-q$ است؟

$$\frac{65}{86} \quad (1)$$

$$\frac{87}{104} \quad (2)$$

$$\frac{125}{112} \quad (3)$$

$$\frac{137}{124} \quad (4)$$

۸۴- یک دوقطبی الکتریکی نقطه‌ای با گشتاور دوقطبی $\vec{p} = p\hat{k}$ در مبدأ مختصات قرار دارد. پتانسیل الکتریکی ناشی از این دوقطبی، در نقطه‌ای با مختصات (r, θ, ϕ) (در دستگاه مختصات کروی) کدام است؟

$$\frac{p \cos \phi}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (1) \quad \frac{p \cos \theta \sin \phi}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (2)$$

$$\frac{p \cos \theta}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (3) \quad \frac{p \cos 2\theta}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (4)$$

۸۵- درون کره‌ای به شعاع R بار الکتریکی Q به طور یکنواخت توزیع شده است. خود - انرژی این توزیع بار، کدام است؟

$$\frac{\Delta Q^2}{8\pi\epsilon_0 R} \quad (1)$$

$$\frac{3Q^2}{20\pi\epsilon_0 R} \quad (2)$$

$$\frac{4Q^2}{15\pi\epsilon_0 R} \quad (3)$$

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

۸۶- درون استوانه بسیار درازی به شعاع R بار الکتریکی با چگالی حجمی یکنواخت ρ_0 توزیع شده است. محور استوانه منطبق بر محور Z است. این استوانه حول محورش با سرعت زاویه‌ای ω می‌چرخد. میدان مغناطیسی

\vec{H} در فاصله $\frac{R}{4}$ از محور Z ، کدام است؟

$$\frac{5\rho_0\omega R^2}{16}\hat{k} \quad (1) \quad \frac{3\rho_0\omega R^2}{8}\hat{k} \quad (2)$$

$$\frac{15\rho_0\omega R^2}{32}\hat{k} \quad (3) \quad \frac{5\rho_0\omega R^2}{24}\hat{k} \quad (4)$$

۸۷- ذره‌ای با بار الکتریکی q بر روی یک مسیر دایره‌ای به شعاع R با تندی ثابت v حرکت می‌کند. میدان مغناطیسی در مرکز دایره کدام است؟

$$(1) \frac{\mu_0 q v}{4\pi R^2}$$

$$(2) \frac{\mu_0 q v}{R^2}$$

$$(3) \frac{\mu_0 q v}{\pi R^2}$$

$$(4) \frac{2\mu_0 q v}{R^2}$$

۸۸- میدان مغناطیسی \vec{H} درون یک کره مغناطیده به شعاع R و مغناطش $\vec{M} = M_0 \hat{k}$ ، کدام است؟ (M_0 مقدار ثابتی است.)

$$(1) \frac{1}{3} \vec{M}$$

$$(2) -\frac{1}{3} \vec{M}$$

$$(3) \frac{2}{3} \vec{M}$$

$$(4) -\frac{2}{3} \vec{M}$$

۸۹- فرض کنید یک میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B} = B_0 \hat{j}$ ، موازی با محور y برقرار کرده‌ایم. ناحیه $0 \leq z \leq 1 \text{ cm}$ را از ماده‌ای پُر می‌کنیم که ضریب تراوایی آن ۳ برابر ضریب تراوایی خلأ است. بردار مغناطش \vec{M} در این ماده کدام است؟ (μ_0 ضریب تراوایی خلأ است.)

$$(1) \frac{3B_0}{\mu_0} \hat{k}$$

$$(2) \frac{2B_0}{\mu_0} \hat{k}$$

$$(3) \frac{3B_0}{\mu_0} \hat{j}$$

$$(4) \frac{2B_0}{\mu_0} \hat{j}$$

۹۰- پتانسیل برداری مغناطیسی با رابطه $\vec{A}(\vec{r}) = 10 \frac{\vec{r}}{r^3} + \frac{1}{2} \vec{F} \times \vec{r}$ داده شده است که در آن برداری ثابت و

\vec{r} بردار مکان است. میدان مغناطیسی \vec{B} ، متناظر با این پتانسیل مغناطیسی، کدام است؟

$$(1) -\vec{F}$$

$$(2) 30 \frac{\vec{r}}{r^4} + \vec{F}$$

$$(3) \vec{F}$$

$$(4) 30 \frac{\vec{r}}{r^4} - \vec{F}$$

۹۱- یک موج الکترومغناطیسی تکفام در خلأ منتشر می‌شود. میدان الکتریکی این موج به شکل زیر است:

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = E_0 \hat{k} \cos(\alpha x + \beta y - \omega t)$$

که در آن E_0, α, β و ω مقادیر ثابتی هستند. بردار پوئین تینگ این موج کدام است؟ (c سرعت نور در خلأ و μ_0 ضریب تراوایی خلأ است).

$$\frac{E_0}{\mu_0 \omega} (\alpha \hat{i} + \beta \hat{j}) \cos(\alpha x + \beta y - \omega t) \quad (1)$$

$$\frac{E_0}{\mu_0 c} \left(\frac{\alpha \hat{i} + \beta \hat{j}}{\alpha + \beta} \right) \cos(\alpha x + \beta y - \omega t) \quad (2)$$

$$\frac{E_0}{\mu_0 \omega} (\alpha \hat{i} + \beta \hat{j}) \cos(\alpha x + \beta y - \omega t) \sin(\alpha x + \beta y - \omega t) \quad (3)$$

$$\frac{E_0}{\mu_0 c} \left(\frac{\alpha \hat{i} + \beta \hat{j}}{\alpha + \beta} \right) \cos(\alpha x + \beta y - \omega t) \sin(\alpha x + \beta y - \omega t) \quad (4)$$

۹۲- یک موج الکترومغناطیسی با قطبش s از هوا بر سطح دی‌الکتریکی با ضریب شکست $\frac{4}{3}$ تابانده می‌شود. اگر

زاویه تابش با زاویه بروستر برابر باشد، ضریب بازتاب R_s تقریباً چند درصد است؟

۸ (۱)

۱۴ (۲)

۹ (۳)

۱۶ (۴)

۹۳- میدان الکتریکی یک موج الکترومغناطیسی، که در خلأ منتشر می‌شود، به شکل زیر است:

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = \delta \hat{j} \cos(\gamma x + \sqrt{3}z - \omega t)$$

این موج، بر سطح یک تیغه دی‌الکتریک با ضریب شکست $1/5$ که فضای $z \geq 0$ را اشغال کرده است، فرود می‌آید. بسامد زاویه‌ای این موج و زاویه شکست (زاویه‌ای که بردار انتشار موج عبوری در دی‌الکتریک با محور Z می‌سازد)، به ترتیب برابرند با

$$\sin^{-1}\left(\frac{\sqrt{3}}{3}\right) \text{ و } 6\sqrt{3} \times 10^8 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (1)$$

$$\sin^{-1}\left(\frac{1}{3}\right) \text{ و } 6\sqrt{3} \times 10^8 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (2)$$

$$\sin^{-1}\left(\frac{1}{3}\right) \text{ و } 2\sqrt{3} \times 10^8 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (3)$$

$$\sin^{-1}\left(\frac{\sqrt{3}}{3}\right) \text{ و } 2\sqrt{3} \times 10^8 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (4)$$

۹۴- سه ذره یکسان، در چاه پتانسیل یک بُعدی نامتناهی به عرض a قرار دارند. اگر این سه ذره بوزون باشند، انرژی حالت پایه آن‌ها برابر با E_1 است و اگر این سه ذره فرمیون باشند، انرژی حالت پایه آن‌ها برابر با E_2 است. $E_2 - E_1$ کدام است؟

(۱) صفر

$$\frac{3\hbar^2\pi^2}{2ma^2} \quad (2)$$

$$\frac{\hbar^2\pi^2}{2ma^2} \quad (3)$$

$$\frac{\hbar^2\pi^2}{ma^2} \quad (4)$$

۹۵- ذره‌ای به جرم m در فاصله‌ی $0 < x < a$ محبوس است. تابع موج این ذره

$$\Psi(x) = \sqrt{\frac{8}{\Delta a}} \left(1 + \cos \frac{\pi x}{a} \right) \sin \frac{\pi x}{a}$$

کدام است؟

$$\frac{\hbar^2\pi^2}{2ma^2} \quad (1)$$

$$\frac{2\hbar^2\pi^2}{\Delta ma^2} \quad (2)$$

$$\frac{8\hbar^2\pi^2}{\Delta ma^2} \quad (3)$$

$$\frac{4\hbar^2\pi^2}{\Delta ma^2} \quad (4)$$

۹۶- عدم قطعیت در مکان یک نوسانگر هماهنگ، در یکی از حالت‌های برانگیخته‌اش، برابر با $\sqrt{\frac{\Delta\hbar}{2m\omega}}$ است.

عدم قطعیت در تکانه این ذره، در این حالت برانگیخته، کدام است؟

$$\sqrt{\Delta\hbar m\omega} \quad (1)$$

$$\sqrt{\frac{\Delta\hbar m\omega}{2}} \quad (2)$$

$$\sqrt{\frac{2\hbar m\omega}{5}} \quad (3)$$

$$\sqrt{\frac{\hbar m\omega}{5}} \quad (4)$$

۹۷- ذره‌ای به جرم m در چاه پتانسیل یک بعدی $V(x) = -a\delta(x)$ قرار دارد. a یک ثابت مثبت است. اگر

احتمال یافتن ذره در بازه $-x_0 < x < x_0$ برابر با $\frac{1}{4}$ باشد، مقدار x_0 کدام است؟

$$\frac{2\hbar^2}{3ma} \ln 2 \quad (1)$$

$$\frac{\hbar^2}{ma} \ln 2 \quad (2)$$

$$\frac{\hbar^2}{2ma} \ln 2 \quad (3)$$

$$\frac{3\hbar^2}{2ma} \ln 2 \quad (4)$$

۹۸- تابع موج الکترون در اتم هیدروژن، در لحظه $t = 0$ به شکل زیر است:

$$\Psi(t=0) = \frac{1}{\sqrt{10}} \left(2\Psi_{100} + \Psi_{210} + \sqrt{2}\Psi_{211} + \sqrt{3}\Psi_{21-1} \right)$$

Ψ_{nlm} ها، ویژه حالت‌های هامیلتونی الکترون در اتم هیدروژن با ویژه مقادیر انرژی $E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{ eV}$

هستند. احتمال این که در لحظه $t \neq 0$ الکترون در حالت Ψ_{211} باشد، کدام است؟

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

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

$$\frac{1}{5} \cos\left(\frac{E_2 t}{\hbar}\right) \quad (3)$$

$$\frac{1}{2} \cos\left(\frac{E_2 t}{\hbar}\right) \quad (4)$$

۹۹- $\vec{B} = \nabla \times \vec{A}$ و $\vec{A}(\vec{r}, t)$ میدان‌های برداری وابسته به مکان و زمان هستند. اگر \vec{p} تکانه ذره باشد و

$\vec{F} = \vec{p}_x - \alpha A_x$ و $\vec{G} = \vec{p}_y - \alpha A_y$ ، جابه‌جاگر این دو عملگر، $[F, G]$ ، کدام است؟ (α مقدار ثابتی است).

$$-i\alpha\hbar B_z \quad (1)$$

$$i\alpha\hbar B_z \quad (2)$$

$$\alpha\hbar B_z \quad (3)$$

$$-\alpha\hbar B_z \quad (4)$$

۱۰۰- فرض کنید $|\alpha\rangle$ و $|\beta\rangle$ ویژه حالت‌های بهنجارند. اگر $|\Psi\rangle = 3a|\alpha\rangle + 2i|\beta\rangle$ و $|\Phi\rangle = 2|\alpha\rangle - |\beta\rangle$ متعامد باشند، ثابت a کدام است؟

$$\frac{-i}{3} \quad (1)$$

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

$$\frac{i}{3} \quad (3)$$

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

۱۰۱- ذره‌ای به جرم m مقید است که در دو بعد حرکت کند. هامیلتونی این ذره به شکل زیر است:

$$H = \frac{p_x^2 + p_y^2}{2m} + \frac{1}{2} m \omega^2 (x^2 + y^2)$$

اگر این ذره در حالتی با انرژی $2\hbar\omega$ باشد، تبهگنی آن کدام است؟

$$1 \quad (1)$$

$$2 \quad (2)$$

$$3 \quad (3)$$

$$4 \quad (4)$$

۱۰۲- اگر بردار تکانه زاویه‌ای باشد، نتیجه جابه‌جاگر زیر کدام است؟

$$[[[L_x, L_y], L_x], L_z]$$

$$i\hbar^3 L_z \quad (1)$$

$$+i\hbar^3 L_x \quad (2)$$

$$-i\hbar^3 L_y \quad (3)$$

$$-i\hbar^3 L_x \quad (4)$$

۱۰۳- سیستمی با تکانه زاویه‌ای کل ۱، در حالت $\frac{1}{\sqrt{14}} \begin{pmatrix} -\sqrt{3} \\ 2\sqrt{2} \\ \sqrt{3} \end{pmatrix}$ است. اگر مؤلفه x تکانه زاویه‌ای، J_x ، را اندازه‌گیری کنیم، احتمال این که نتیجه $+\hbar$ به دست آید، کدام است؟

$$\frac{1}{7} \quad (1)$$

$$\frac{2}{7} \quad (2)$$

$$\frac{3}{7} \quad (3)$$

$$\frac{4}{7} \quad (4)$$

۱۰۴ - سیستمی متشکل از دو الکترون در نظر بگیرید به گونه‌ای که انرژی حالت منفرد سیستم برابر با $-E$ و

انرژی حالت سه گانه، برای اسپین $s_z = +\hbar$ برابر با $-\frac{E}{2}$ و برای اسپین $s_z = 0$ برابر با $-E$ و برای اسپین

$s_z = -\hbar$ برابر با $-\frac{3}{2}E$ است. احتمال این که این سیستم در دمای T در حالت سه گانه باشد، کدام است؟

$$\frac{e^{-\frac{E}{2k_B T}} + e^{-\frac{E}{k_B T}}}{1 + e^{-\frac{E}{2k_B T}} + e^{-\frac{E}{k_B T}}} \quad (۱)$$

$$\frac{e^{-\frac{E}{2k_B T}} + e^{-\frac{E}{k_B T}}}{2 + e^{-\frac{E}{2k_B T}} + e^{-\frac{E}{k_B T}}} \quad (۲)$$

$$\frac{1 + e^{-\frac{E}{2k_B T}} + e^{-\frac{E}{k_B T}}}{2 + e^{-\frac{E}{2k_B T}} + e^{-\frac{E}{k_B T}}} \quad (۳)$$

$$\frac{2}{1 + e^{-\frac{E}{2k_B T}} + e^{-\frac{E}{k_B T}}} \quad (۴)$$

۱۰۵ - برای سیستمی متشکل از دو ذره، یکی با اسپین ۱ و دیگری با اسپین ۲، کدام مورد قابل قبول نیست؟

$$s = 3, m_s = 3 \quad (۱)$$

$$s = 1, m_s = 0 \quad (۲)$$

$$s = 2, m_s = 1 \quad (۳)$$

$$s = 0, m_s = 0 \quad (۴)$$

