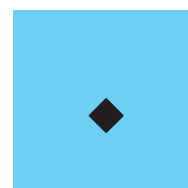


راهنمای استفاده از کتاب



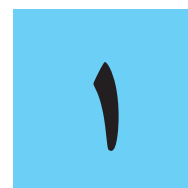
فرمول نامه!

در این بخش خلاصه‌ای از فرمول‌های هر فصل برای سهولت استفاده شما عزیزان درج شده است. توصیه می‌شود قبل از شروع کتاب، تدریس دبیر و کتاب درسی را به صورت کامل بررسی نمایید.



پرسش‌های تشریحی

۱. هر فصل به چند بخش تقسیم شده است.
۲. در هر بخشی سؤالات تشریحی مربوط به آن بخش با تیپ‌های مختلف و شبیه آزمون‌های نهایی تألیف شده است.



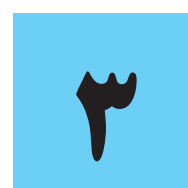
سؤالات تستی

بعد از پرسش‌های تشریحی سؤالات تستی با تقسیم‌بندی سؤالات آموزشی با (شماره سؤالات به رنگ مشکی) و سؤالات تثبیتی با (شماره سؤالات به رنگ آبی) همراه با تمامی تست‌های کنکور منطبق با کتاب درسی جدید آورده شده است.



آزمون‌های پایان فصل تشریحی و جامع

این قسمت در انتهای هر فصل که شامل سؤالات کل فصل می‌باشد در نظر گرفتن استاندارد آزمون نهایی تألیف شده است. این آزمون‌ها در پایان کتاب نیز به عنوان جامع از کل کتاب تهیه شده است.



آزمون های تستی پایان فصل و جامع

این قسمت همانند قسمت قبل شامل پرسش های چهارگزینه ای از کل فصل و منطبق بر استاندارد کنکور سراسری می باشد.
این آزمون ها در پایان کتاب نیز به عنوان جامع از کل کتاب تهیه شده است.

۴

آزمون پلاس

تست های با سطح دشواری بسیار بالا برای علاقه مندان در این قسمت گنجانده شده است.

۵

پاسخنامه کلیدی

این پاسخنامه به صورت گزینه ای صرفاً برای سؤالات تستی با هدف تطبیق پاسخ دهی در انتهای فصل گنجانده شده است.

۶

پاسخنامه تشریحی الکترونیکی

پاسخنامه کامل تشریحی کل سؤالات در این بخش قرار دارد. این بخش در اختیار مجموعه های آموزشی قرار می گیرد.

۷

اعلام ایرادات کتاب

قطعاً این مجموعه با نظرات سازنده شما عزیزان به مجموعه ای پربار تبدیل خواهد شد.
با اسکن کد مقابل می توانید ایرادات این کتاب را برای ما ارسال نمایید.



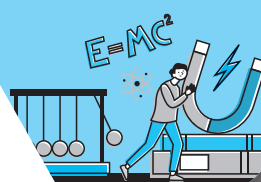
۸

فهرست

فصل صفر

کاربرد ریاضی در حل مسائل فیزیک

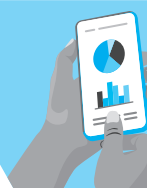
۷



فصل اول

الکتريسيته ساكن

۱۳



فصل دوم

جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

۷۲



فصل سوم

مغناطيس

۱۲۷



فصل چهارم

القای الکترومغناطیسی و جریان متناوب

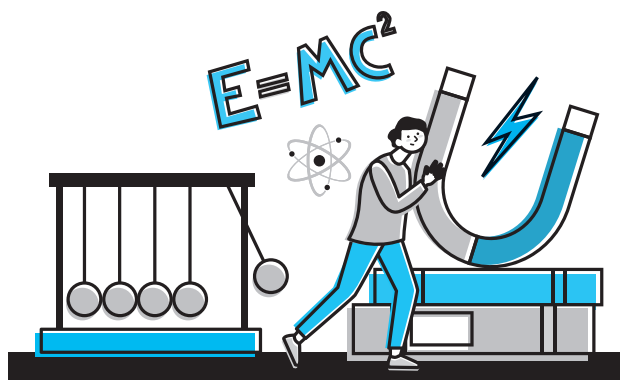
۱۷۷



آزمون جامع

۲۱۶





فصل صفر

کاربرد ریاضی در حل مسائل فیزیک

۱- نماد علمی

در فیزیک با اندازه‌های بسیار بزرگ و بسیار کوچک سروکار داریم، نوشتن تعداد زیادی صفر مقابل یک عدد و یا رقم‌های زیاد اعشار خیلی صحیح نیست و باعث به وجود آمدن مشکلاتی در محاسبه خواهد شد. نمادگذاری علمی این مشکل را حل می‌کند.

$$\left. a \times 10^n \right\} \rightarrow (n \text{ عدد صحیح})$$

عدد بین ۱ تا ۱۰

$$1 \leq a < 10$$

مثال: $0.00064 = 6.4 \times 10^{-4}$

$290000000 = 2.9 \times 10^8$

۲- توان

یکی از عملیات‌های ریاضی، توان است که به صورت a^n نوشته می‌شود و در آن a پایه و n توان (نما) شناخته می‌شوند.

نکته ۱ مربع یک عدد یعنی آن عدد به توان ۲ $x^2 \leftarrow 2$

مکعب یک عدد یعنی آن عدد به توان ۳ $x^3 \leftarrow 3$

مثال:

(فیزیک)

m^2 (یکای مساحت)

مترمربع

m^3 (یکای حجم)

مترمکعب

نکته ۲ خواص مهم توان:

۱) $a^0 = 1$

۲) $a^1 = a$

۳) $a^{-n} = \frac{1}{a^n}$

۴) $a^{m+n} = a^m \times a^n$

۵) $(a^m)^n = a^{mn}$

۶) $a^{m-n} = \left(\frac{a^m}{a^n}\right)$

۷) $\frac{a^n}{b^n} = \left(\frac{a}{b}\right)^n$

۸) $a^4 + a^5 = a^4(1 + a)$

۹) $a^9 - a^5 = a^5(a^4 - 1)$

۱۰) $a^m - a^m = 0$

۱۱) $a^m + a^m = 2a^m$

۱۲) $xa^m + ya^m = (x + y)a^m$

۱۳) $xa^n - ya^n = (x - y)a^n$

۱۴) $a^n = \frac{1}{a^{-n}}$

۱۵) $a^n \times \frac{1}{a^{-m}} = a^n \times a^m = a^{m+n}$

۱۶) $\frac{a^{-n}}{a^{-n+r}} = a^{-n-(-n+r)} = a^{-n+n-r} = a^{-r} = \frac{1}{a^r}$

$$۱۷) \frac{a^{-n}}{a^n} = a^{-n-n} = a^{-2n} \quad \text{یا} \quad \frac{a^{-n}}{a^{+n}} = a^{-n} \times a^{-n} = a^{-2n} \quad ۱۸) \frac{a^n}{a^{-n}} = a^n \times a^n = a^{2n}$$

$$۱۹) \frac{a^{-n}}{a^{-n}} = ۱, \quad \frac{a^n}{a^n} = ۱$$

✓ جذر (رادیكال): $\sqrt{\quad}$

عكس عمل به توان رساندن يك عدد در رياضيات را جذر گرفتن می‌گویند.

$$\sqrt[n]{x^n} = |x| \quad \sqrt[n]{x^n} = x$$

نکته ۳ 

در برخی مسائل فیزیک برای به دست آوردن جواب یک کمیت فیزیکی باید جذر گرفت دقت کنید چون در فیزیک اندازه بزرگی کمیت مورد نظر است، پس فقط عدد با علامت مثبت آن را انتخاب می‌کنیم.

$$۱) \text{ مثال فیزیک } ۸ = \frac{1}{2} V^2 \Rightarrow V^2 = 2 \times 8 \Rightarrow V = \sqrt{16} = 4$$

$$۲) \frac{8}{(x+1)^2} = \frac{2}{x^2} \xrightarrow[\text{ساده می‌شوند (} \div 2 \text{)}]{\text{ابتدا صورتها}} \frac{4}{(x+1)^2} = \frac{1}{x^2} \xrightarrow[\text{جذر می‌گیریم}]{\text{حال از طرفین تساوی}} \sqrt{\frac{4}{(x+1)^2}} = \sqrt{\frac{1}{x^2}}$$

$$\Rightarrow \frac{2}{x+1} = \frac{1}{x} \xrightarrow[\text{و حل معادله}]{\text{طرفین وسطین}} 2x = x+1 \Rightarrow 2x - x = 1 \Rightarrow x = 1$$

۳- انواع محاسبات

۱- محاسبات عبارتهای جبری:

عبارت جبری: عبارتی که از ثابت‌های اعداد صحیح، متغیرها و عملیات جبری (جمع، تفریق، ضرب، تقسیم و توان با توانی که عددی گویا می‌باشد) ساخته می‌شود را، یک عبارت جبری می‌گویند.

$$\text{مثال: } 4x^5 - 2xy^2 + C$$

ا) جمع و تفریق عبارتهای جبری: ابتدا جملات متشابه (جملاتی که متغیر یکسان دارند) را جدا کرده سپس با هم جمع و یا از هم کم می‌کنیم. (ساده کردن یک عبارت جبری)

$$(\text{ریاضی}) \quad ۸ab^2 + ۶a^3c - ۲ab^2 + ۱۲a^3c - ۴b^4 = (۸ab^2 - ۲ab^2) + (۶a^3c + ۱۲a^3c) - ۴b^4 = ۶ab^2 + ۱۸a^3c - ۴b^4$$

با هم جمع نمی‌شوند چون یکاهای متفاوت دارند. مثال ۱ (فیزیک) $۵\text{cm}^2 + ۶\text{g} + ۱۸\text{L}$

$$(\text{فیزیک}) \quad ۱/۵\text{kg} + ۵۰۰\text{g} \xrightarrow{\text{ابتدا یکسان کردن یکاها}} ۱/۵\text{kg} + \frac{۵۰۰}{۱۰۰۰}\text{kg} = ۱/۵\text{kg} + ۰/۵\text{kg} = ۲\text{kg}$$

$$\text{یا } ۱/۵ \times ۱۰۰۰\text{g} + ۵۰۰\text{g} \xrightarrow[\text{یکاهای جمع می‌شوند}]{\text{پس از یکسان کردن}} ۱۵۰۰\text{g} + ۵۰۰\text{g} = ۲۰۰۰\text{g}$$

ب) ضرب و تقسیم عبارتهای جبری: جملات متشابه در صورت و مخرج با هم ضرب می‌شوند و یا ساده می‌شوند.

$$(\text{ریاضی}) \quad ۱۴xy \times \frac{2y}{vx} = \frac{\cancel{14}^2 \cancel{x}^1 y \times 2y}{\cancel{v}^1 \cancel{x}^1} = 2y \times 2y = 4y^2 \quad (x \neq 0)$$

$$(\text{فیزیک}) \quad ۱۰۸ \frac{\text{km}}{\text{h}} \times ۵ \text{min} \xrightarrow[\text{کمیت‌های مشترک}]{\text{ابتدا یکسان کردن یکای}} ۱۰۸ \frac{\text{km}}{\text{h}} \times ۵ \text{min} \left(\frac{۱\text{h}}{۶۰\text{min}} \right) = ۱۰۸ \frac{\text{km}}{\cancel{\text{h}}} \times \frac{۵\cancel{\text{min}} \times \cancel{\text{h}}}{۶۰\cancel{\text{min}}} = ۹\text{km}$$

$$(\text{فیزیک}) \quad \frac{۸۰۰\text{kg}}{۲\text{m}^3} = ۴۰۰ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

مساحت اشکال هندسی:

در فیزیک مساحت سطح یک جسم را با نماد (A) نشان می‌دهند. یک کمیت فرعی در SI است که یکای آن مترمربع (m^2) می‌باشد.

۱) $\text{خودش} \times \text{یک ضلع} = \text{مساحت مربع}$

۲) $\text{عرض} \times \text{طول} = \text{مساحت مستطیل}$

۳) $\text{ارتفاع} \times \text{قاعده} \div ۲ = \text{مساحت مثلث}$

۴) $\text{ارتفاع} \times \text{قاعده} = \text{مساحت متوازی‌الاضلاع}$

۵) $\text{ارتفاع} \times \frac{\text{مجموع دو قاعده}}{۲} = \text{مساحت ذوزنقه}$

۶) $\pi r^2 = \text{مساحت دایره}$

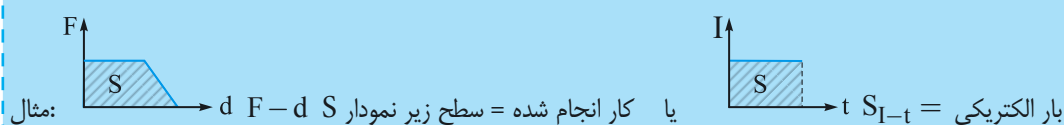
۷) $\frac{\text{قطر بزرگ} \times \text{قطر کوچک}}{۲} = \text{مساحت لوزی}$

۸) $4\pi r^2 = \text{مساحت سطح کره}$

نکته



برای به دست آوردن برخی از کمیت‌های فیزیکی، کافی است سطح زیر نمودار را محاسبه کرد.



حجم اشکال هندسی:

در فیزیک حجم را با نماد (V) نشان می‌دهند. یکای فرعی در SI دارد که به آن m^3 ، (مترمکعب) می‌گویند.

۱) $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ کره توپر

۲) $V = \frac{4}{3}\pi(r_{\text{داخلی}}^3 - r_{\text{خارجی}}^3)$ کره توخالی

۳) $V = a^3$ مکعب مربع

۴) $V = \text{ارتفاع} \times \text{عرض} \times \text{طول}$ مکعب مستطیل

۵) $V = \pi r^2 h$ استوانه توپر

۶) $V = \pi(r_{\text{داخلی}}^2 - r_{\text{خارجی}}^2)h$ استوانه توخالی

۷) $V = \frac{1}{3}\pi r^2 h$ مخروط

اتحاد مزدوج: در برخی محاسبات می‌توان برای انجام سریع‌تر محاسبه، از اتحاد مزدوج استفاده کرد.

$a^2 - b^2 = (a - b)(a + b)$

مثال: $(\frac{5}{2})^2 - (\frac{4}{8})^2 = (\frac{5}{2} - \frac{4}{8})(\frac{5}{2} + \frac{4}{8}) = 0.4 \times 1.5 = 0.6$

رسم نمودارها و معادله درجه یک و دوم:

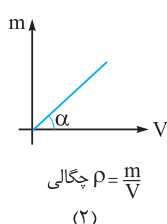
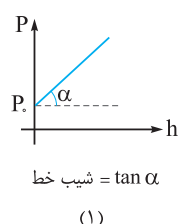
فصل

کاربرد ریاضی در حل مسائل فیزیک

۹

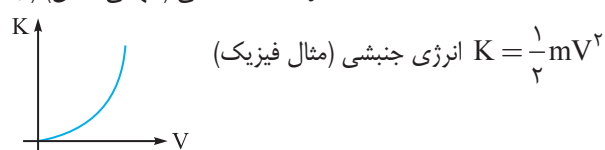
۱) $y = ax + b$ معادله خط (درجه یک)

عرض از مبدأ $\rightarrow$ شیب خط $\rightarrow$

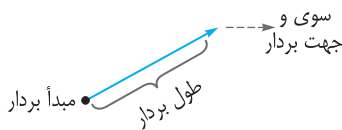


$P_{\text{کل}} = P_0 + \rho gh$ فشار شاره‌ها (مثال فیزیک)

ب) $y = ax^2 + bx + C$ معادله منحنی (سه‌می شکل)



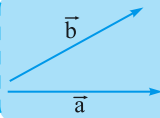
بردار: بردار، پاره‌خط جهت‌داری است که مبدأ آن نقطه اثر بردار فیزیکی را نشان خواهد داد.



بردار برآیند: به حاصل جمع دو یا چند بردار که با هم نقطه اثر مشترک دارند، بردار برآیند می‌گویند.

نکته ۱

برای تعیین بزرگی بردار برآیند از روش زیر در حالت کلی استفاده می‌شود.



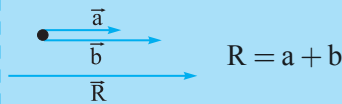
$$R^2 = a^2 + b^2 + 2ab \cos \theta \quad (\theta \text{ زاویه بین دو بردار است.})$$

نکته ۲

حالت‌های خاص

(ا) اگر دو بردار هم جهت (هم راستا و هم‌سو) باشند.

$$\theta = 0^\circ$$



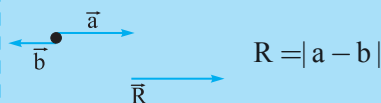
$$R = a + b$$

اگر دو بردار هم جهت و هم اندازه هم باشند.

$$R = 2a$$

(ب) اگر دو بردار هم راستا و غیر هم‌سو باشند.

$$\theta = 180^\circ$$



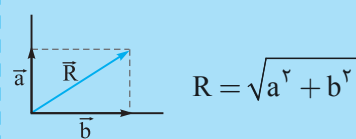
$$R = |a - b|$$

اگر دو بردار هم‌راستا و غیر هم‌سو، هم اندازه باشند.

$$R = 0$$

(پ) اگر دو بردار بر هم عمود باشند.

$$\alpha = 90^\circ$$

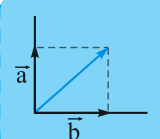


$$R = \sqrt{a^2 + b^2}$$

نکته

اگر دو بردار هم‌اندازه عمود بر هم باشند.

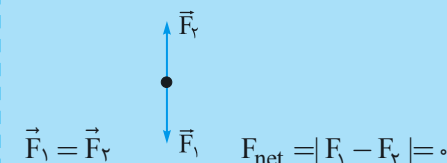
$$a = b$$



$$R = \sqrt{a^2 + a^2} = a\sqrt{2} \quad (\sqrt{2} \text{ برابر ضلع آن است.})$$

نکته

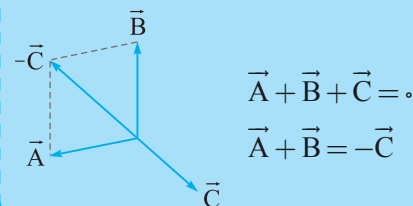
دو بردار هم اندازه و خلاف جهت برآیندشان صفر است.



$$\vec{F}_1 = \vec{F}_2 \quad F_{\text{net}} = |F_1 - F_2| = 0$$

نکته

اگر سه بردار در حالت تعادل قرار گیرند، برآیند دو بردار قرینه بردار سوم می‌باشد یا به عبارتی، اندازه برآیند دو بردار هم‌اندازه با بردار سوم در خلاف جهت آن است.

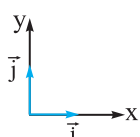


$$\vec{A} + \vec{B} + \vec{C} = 0$$

$$\vec{A} + \vec{B} = -\vec{C}$$

بردارهای یکه:

بردار یکه بزرگی آن برابر واحد (یک) باشد، بردار یکه می‌گویند. بردارهای یکه را در راستای X و Y به ترتیب با $\vec{i}$ و $\vec{j}$ نمایش می‌دهند.

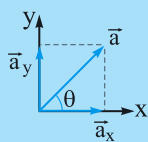


نکته



هر بردار را می‌توان به صورت مجموع یا تفاضل مضربی از بردارهای یک‌ه نوشت.

$$\begin{cases} a_x = a \cos \theta \\ a_y = a \sin \theta \end{cases} \Rightarrow \vec{a} = \vec{a}_x + \vec{a}_y$$



(تجزیه بردارها)

$$\begin{cases} \vec{a}_x = a_x \vec{i} \\ \vec{a}_y = a_y \vec{j} \end{cases}$$

$$\vec{a} = (a \cos \theta) \vec{i} + (a \sin \theta) \vec{j} \quad \text{بردار } a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} \text{ (اندازه (بزرگی) بردار)}$$

مثال فیزیک: $\vec{F}_T = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

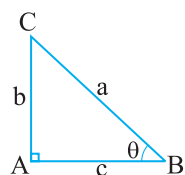
$$\vec{F}_1 = 4\vec{i} + 5\vec{j}$$

$$\vec{F}_2 = 3\vec{i} - 2\vec{j}$$

بردار برابند $\vec{F}_T = (4\vec{i} + 5\vec{j}) + (3\vec{i} - 2\vec{j}) = 7\vec{i} + 3\vec{j}$

اندازه خالص نیرو $F_T = \sqrt{(7)^2 + (3)^2} = \sqrt{58}$

نسبت‌های مثلثاتی در مثلث قائم‌الزاویه:



$$\sin \theta = \frac{\text{ضلع مقابل به زاویه}}{\text{طول وتر}} = \frac{b}{c}$$

$$\cos \theta = \frac{\text{ضلع مجاور به زاویه}}{\text{طول وتر}} = \frac{a}{c}$$

$$\tan \theta = \frac{\text{ضلع مقابل به زاویه}}{\text{ضلع مجاور به زاویه}} = \frac{b}{a}$$

$$\cot \theta = \frac{\text{ضلع مجاور به زاویه}}{\text{ضلع مقابل به زاویه}} = \frac{a}{b}$$

نکته ۱



زاوایی متمم $\sin \alpha = \cos \beta \quad (\alpha + \beta = 90^\circ)$

مثال: $\sin 30^\circ = \cos 60^\circ = \frac{1}{2}, \sin 45^\circ = \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}, \sin 0^\circ = \cos 90^\circ = 0$

نکته ۲

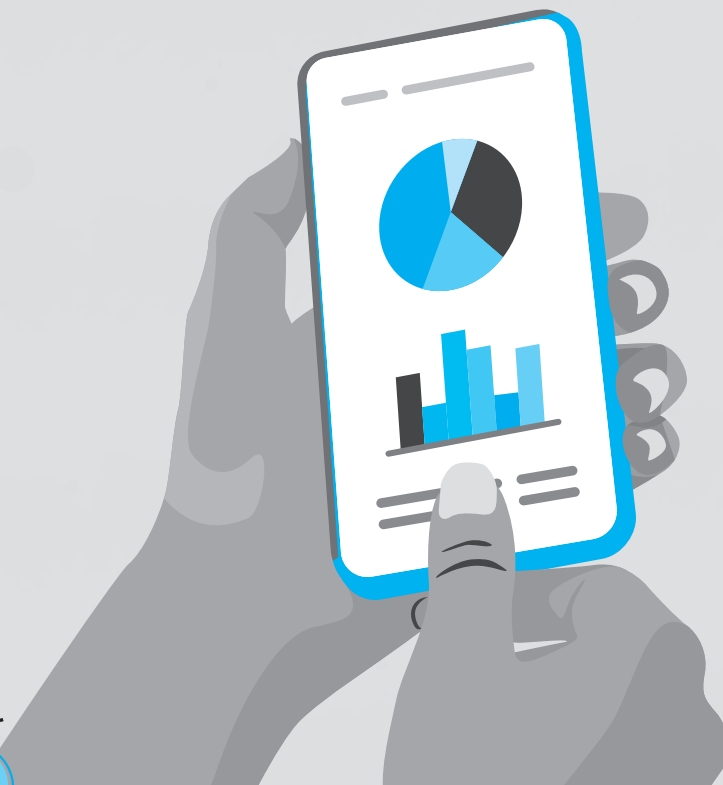


$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \Rightarrow \begin{cases} \sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} \\ \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} \end{cases}$$

θ	0°	30°	45°	60°	90°	180°	270°	360°
sin	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	0	-1	0
cos	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	-1	0	1
tan	0	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	1	$\sqrt{3}$	تعریف نشده	0	تعریف نشده	0
cot	تعریف نشده	$\sqrt{3}$	1	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	0	تعریف نشده	0	تعریف نشده

فصل ۱

الکتریسیته ساکن



تستی

۲۰۵

تشریحی

۱۶۱

بارم بندی امتحانات

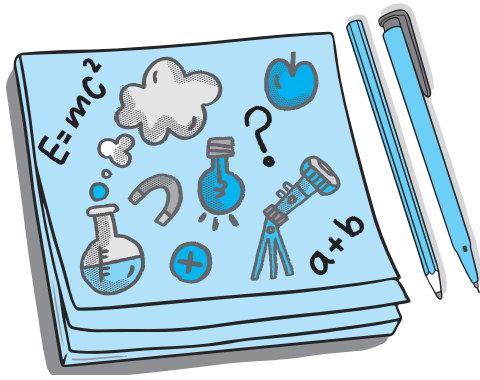
نهایی	نیمسال اول
۶/۷۵ نمره	۳ نمره

سهم تست

درصد	تعداد
۸٪	۳



تو این فصل، اول با مفهوم بار الکتریکی آشنا می‌شیم و نیروی الکتریکی بین بارهای الکتریکی را بررسی می‌کنیم. لازمه که با مفاهیم اولیه بردارها آشنا باشید و کمی هم محاسبات ریاضی تون را قوی کنید. در ادامه با میدان الکتریکی و مفاهیم مهم انرژی پتانسیل الکتریکی و پتانسیل الکتریکی آشنا می‌شیم. تو این قسمت‌ها سر کلاس خیلی باید دقت کنید که همونجا مطلب را یاد بگیرید. بعد از آشنایی با نحوه توزیع بار الکتریکی روی سطح اجسام، با وسیله الکتریکی مهمی به نام خازن آشنا می‌شیم و با سوالاتش دست و پنجه نرم می‌کنیم. تو هر مبحث این فصل مهمه که چه تشریحی و چه تستی سؤال زیاد حل کنیم، چون تنوع سؤالات تو این فصل زیاده و حتماً ازش تو کنکور چندین سؤال مطرح میشه.



فرمول نامه

«الکتریسته ساکن»

۱ اصل کوانتیده بودن بار الکتریکی

همواره بار الکتریکی مشاهده شده جسم، مضرب درستی از بار بنیادی e است.

$$q = \pm ne, n = 1, 2, 3, \dots$$

۲ قانون کولن

قانون کولن بیان می‌دارد: اندازه نیروی الکتریکی (الکتروستاتیکی) بین دو بار نقطه‌ای که در راستای خط واصل آن‌ها اثر می‌کند، با حاصل ضرب بزرگی آن‌ها متناسب است و با مربع فاصله بین آن‌ها نسبت وارون دارد. بنابراین، اندازه این نیرو برابر است با:

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$$

که در آن q_1 و q_2 بارهای الکتریکی دو بار نقطه‌ای برحسب کولن (C)، r فاصله بین دو بار برحسب متر (m)، و F بزرگی نیروی الکتریکی وارد بر هر بار برحسب نیوتون (N) است. در این رابطه k ثابت الکتروستاتیکی یا ثابت کولن نام دارد و برابر است با:

$$k = 9/0 \times 10^9 \frac{N.m^2}{C^2}$$

ثابت کولن (k) را می‌توان برحسب یک ضریب ثابت دیگر به نام ضریب گذردهی الکتریکی خلأ (ϵ_0) نیز نوشت:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

که در آن:

$$\epsilon_0 = 8/85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{N.m^2}$$

۳ فرمول ۹۰

در رابطه زیر، اگر اندازه بارهای الکتریکی برحسب میکروکولن و فاصله دوبار برحسب سانتی‌متر وارد شود، بزرگی نیروی بین دو بار برحسب نیوتون محاسبه می‌شود:

$$F = 90 \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$$

۴ رابطه مقایسه‌ای قانون کولن

در سؤالات قانون کولن، برای مقایسه دو وضعیت با هم داریم:

$$\frac{F'}{F} = \frac{|q'_2|}{|q_2|} \times \frac{|q'_1|}{|q_1|} \times \left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

در رابطه فوق کافی است یکای کمیت‌های مشابه، یکسان باشد.

۵

برای دو بار نقطه‌ای هم‌نام که در فاصله r از هم قرار دارند، نقطه‌ای روی خط واصل دو بار، بین دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر وجود دارد که برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر هر باری که در آن نقطه قرار بگیرد صفر است.

برای دوبار نقطه‌ای ناهمنام که در فاصله r از هم قرار دارند و اندازه بارها با هم برابر نباشد نقطه‌ای روی امتداد خط واصل دو بار، خارج دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر وجود دارد که برآیند نیروهای الکتریکی وارد بر هر باری که در آن نقطه قرار بگیرد صفر است.

۶ تعریف میدان الکتریکی

میدان الکتریکی در هر نقطه از فضای اطراف یک جسم باردار الکتریکی به صورت زیر تعیین می‌شود:

نخست بار کوچک و مثبت، q_0 موسوم به بار آزمون را در آن نقطه قرار می‌دهیم و سپس نیروی الکتریکی $\vec{F}$ وارد بر آن را اندازه می‌گیریم. آنگاه میدان الکتریکی $\vec{E}$ ناشی از جسم باردار در آن نقطه به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

بنا به تعریف میدان الکتریکی، میدان الکتریکی کمیتی برداری است که اندازه آن برابر $E = \frac{F}{q_0}$ و جهت آن همان جهت نیروی وارد بر بار آزمون است.



یکای میدان الکتریکی $(\vec{E})$ ، نیوتون بر کولن $(\frac{N}{C})$ است.

۷ میدان الکتریکی حاصل از یک ذره باردار

بزرگی میدان الکتریکی ناشی از ذره‌ای با بار q در نقطه A که به فاصله r از بار q قرار دارد از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$E = k \frac{|q|}{r^2}$$

در این رابطه k همان ثابت کولن $\frac{N.m^2}{C^2}$ 9×10^9 است. $|q|$ ، اندازه بار الکتریکی بر حسب کولن و r فاصله از بار q بر حسب متر است.

طبق این رابطه، میدان با اندازه بار q ، نسبت مستقیم و با مربع فاصله از آن، نسبت وارون دارد.

۸ رابطه مقایسه‌ای میدان الکتریکی

برای مقایسه بزرگی میدان‌های الکتریکی داریم:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{|q_2|}{|q_1|} \times \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2$$

در این رابطه باید یکای کمیت‌های مشابه، یکسان باشد.

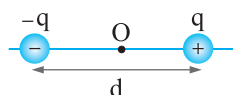
۹ نیروی الکتریکی وارد بر بار الکتریکی در یک میدان الکتریکی

اگر بار الکتریکی q در میدان الکتریکی $\vec{E}$ ناشی از اجسام باردار دیگری قرار گیرد، این میدان بر آن نیروی $\vec{F}$ را وارد می‌کند. نیروی $\vec{F}$ از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

بزرگی این نیرو از رابطه $F = |q|E$ به دست می‌آید و جهت آن اگر q مثبت باشد، در همان جهت $\vec{E}$ و اگر q منفی باشد، در خلاف جهت $\vec{E}$ خواهد بود.

۱۰ دوقطبی الکتریکی



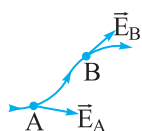
آرایی از بارهای الکتریکی است که در آن دو ذره با بزرگی بار q یکسان و علامت مخالف در فاصله d از هم روی محوری که به آن محور دوقطبی گفته می‌شود قرار گرفته‌اند (مطابق شکل).

۱۱

برای دو بار نقطه‌ای هم‌نام که در فاصله r از هم قرار دارند، نقطه‌ای روی خط واصل دو بار، بین دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر وجود دارد که میدان الکتریکی خالص در آن صفر است.

برای دو بار نقطه‌ای ناهم‌نام که در فاصله r از هم قرار دارند و اندازه بارها با هم برابر نباشد، نقطه‌ای روی امتداد خط واصل دو بار، خارج دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر وجود دارد که میدان الکتریکی خالص در آن صفر است.

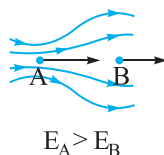
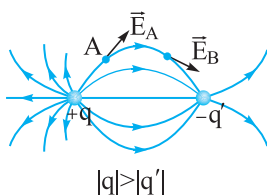
۱۲ ویژگی‌های خطوط میدان الکتریکی



(۱) در هر نقطه، بردار میدان الکتریکی باید مماس بر خط میدان الکتریکی عبوری از آن نقطه و هم جهت با آن باشد.

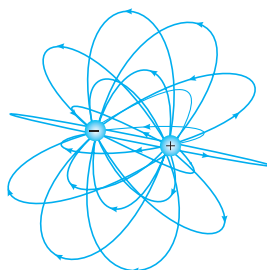
(۲) میزان تراکم خطوط میدان در هر ناحیه از فضا، نشان‌دهندهٔ اندازهٔ میدان در آن ناحیه است.

هر جا خطوط میدان متراکم‌تر باشد، اندازهٔ میدان بیشتر است (شکل راست) و تعداد خط‌هایی که از یک بار الکتریکی خارج یا به آن داخل می‌شود با اندازهٔ بار متناسب است (شکل چپ).



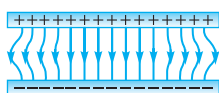
(۳) در آرایشی از بارها، خطوط میدان الکتریکی از بارهای مثبت شروع و به بارهای منفی ختم می‌شود.

(۴) خطوط میدان برآیند، هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند، یعنی از هر نقطهٔ فضا فقط یک خط میدان الکتریکی می‌گذرد.



۱۳ میدان الکتریکی یکنواخت

طرح خطوط میدان الکتریکی در فضای بین دو صفحهٔ فلزی موازی که دارای بارهای هم‌اندازه و ناهمنام هستند، مطابق شکل زیر است. خطوط این میدان، دور از لبه‌های صفحات، مستقیم، موازی و هم‌فاصله‌اند که نشان می‌دهد، بزرگی و جهت میدان الکتریکی در این محدوده از فضا ثابت است. به میدان الکتریکی با این ویژگی میدان الکتریکی یکنواخت می‌گویند.



۱۴ انرژی پتانسیل الکتریکی

انرژی پتانسیل الکتریکی، انرژی پتانسیلی است که به نیروی الکتریکی بین ذرات باردار وابسته است.

کار نیروی الکتریکی وارد بر یک ذرهٔ باردار در یک میدان الکتریکی $\vec{E}$ ، در یک جابه‌جایی مشخص، (W_E) برابر منفی تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار در همان جابه‌جایی است:

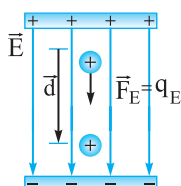
$$W_E = -\Delta U_E$$

۱۵ رابطهٔ تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار در میدان الکتریکی یکنواخت

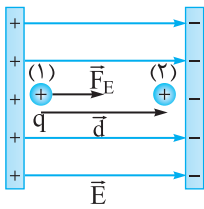
$$\Delta U_E = -|q|Ed \cos \theta$$

که در آن θ زاویهٔ، بین نیروی $\vec{F}_E$ و جابه‌جایی $\vec{d}$ است.

در رابطهٔ تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی برای میدان یکنواخت، بار الکتریکی برحسب کولن (C)، بزرگی میدان الکتریکی برحسب نیوتن بر کولن $(\frac{N}{C})$ ، اندازهٔ جابه‌جایی برحسب متر (m) و تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی برحسب ژول (J) است.



۱۶ پتانسیل الکتریکی



وقتی بار الکتریکی q ، از نقطه (۱) به نقطه (۲) در یک میدان الکتریکی جابه‌جا می‌شود، نسبت تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار (ΔU_E) به بار آن ذره (q) را اختلاف پتانسیل الکتریکی بین این دو نقطه می‌گوییم.

$$\Delta V = V_f - V_i = \frac{\Delta U_E}{q}$$

در این رابطه ΔU_E برحسب ژول و q برحسب کولن است، بنابراین یکای اختلاف پتانسیل الکتریکی برابر ژول بر کولن است $(\frac{J}{C})$ که به آن ولت

می‌گویند و با نماد V نمایش می‌دهند.

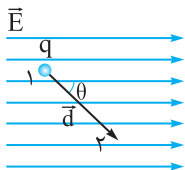
اختلاف پتانسیل الکتریکی یک کمیت نرده‌ای است و ویژگی آن از میدان الکتریکی بین دو نقطه است و مستقل از نوع و مقدار بار الکتریکی است.

در رابطه $\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q}$ همواره، بار q با علامت خود (مثبت یا منفی) وارد می‌شود.

۱۷ اختلاف پتانسیل الکتریکی در میدان الکتریکی یکنواخت

$$\Delta V = -Ed \cos \theta$$

θ زاویه بین $\vec{E}$ و $\vec{d}$ است.



اگر جابه‌جایی فقط در راستای خطوط میدان (موازی با خطوط میدان الکتریکی یکنواخت) باشد یا در هر جابه‌جایی فقط راستای موازی با خط میدان الکتریکی یکنواخت را در نظر بگیریم، دو حالت داریم:

$$\Delta V = -Ed \Rightarrow \theta = 0^\circ \Rightarrow \Delta V = -Ed$$

$$\Delta V = Ed \Rightarrow \theta = 180^\circ \Rightarrow \Delta V = Ed$$

$$|\Delta V| = Ed$$

پس در هر دو حالت می‌توان گفت:

در این رابطه ΔV برحسب ولت، E برحسب نیوتون بر کولن و d برحسب متر است. بنابراین می‌توان نوشت: $1 \frac{N}{C} = 1 \frac{V}{m}$.

نکته دیگر این که هرگاه در جهت خطوط میدان الکتریکی یکنواخت حرکت کنیم، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد و هرگاه در خلاف جهت خطوط میدان الکتریکی یکنواخت حرکت کنیم پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد. این نتیجه برای هر میدان الکتریکی درست است.

۱۸ کار انجام شده توسط نیروی خارجی

اگر بار الکتریکی q توسط یک نیروی خارجی در میدان جابه‌جا شود به‌طوری‌که تندی آن در ابتدا و انتهای مسیر یکسان باشد، طبق قضیه کار و انرژی جنبشی داریم:

$$\Delta V = -\frac{W_E}{q} \Rightarrow -W_E = q\Delta V \Rightarrow W_t = \Delta K \Rightarrow W_E + W_{\text{خارجی}} = 0 \Rightarrow W_{\text{خارجی}} = -W_E \Rightarrow W_{\text{خارجی}} = q\Delta V$$

در این حالت خاص، بسته به علامت و بزرگی q و ΔV ، کار $W_{\text{خارجی}}$ می‌تواند مثبت، منفی یا صفر باشد.

۱۹ چگالی سطحی بار الکتریکی رسانا

اگر مساحت سطحی که بار روی آن توزیع شده است برابر A و بار الکتریکی موجود در آن سطح برابر Q باشد چگالی سطحی بار که با نماد σ نشان داده می‌شود از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\sigma = \frac{Q}{A}$$

در این رابطه، یکای چگالی سطحی بار (σ) برحسب کولن بر مترمربع $(\frac{C}{m^2})$ است.

۲۰ ظرفیت خازن

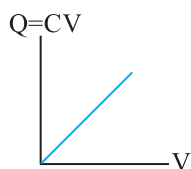
نسبت بار ذخیره شده در خازن، به اختلاف پتانسیل دو سر خازن است. ظرفیت خازن را با حرف C نمایش می‌دهند و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$C = \frac{Q}{V}$$

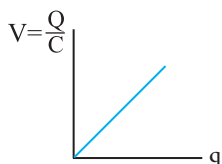
در رابطه ظرفیت خازن، بار الکتریکی Q برحسب کولن (C)، اختلاف پتانسیل V ، برحسب ولت (V) است. پس یکای ظرفیت خازن، کولن بر ولت ($\frac{C}{V}$) است که به پاس خدمات مایکل فاراده، فاراد (F) نامیده می‌شود. ظرفیت خازن با اندازه بار خازن (Q) و اختلاف پتانسیل دو صفحه آن (V) رابطه دارد، ولی به آن‌ها بستگی ندارد.

۲۱ نمودار بار خازن برحسب ولتاژ

(اختلاف پتانسیل) دو سر خازن، برای خازنی با ظرفیت C (مطابق شکل) خط راستی است که از مبدأ می‌گذرد و شیب آن برابر ظرفیت خازن است.



نمودار اختلاف پتانسیل دو سر خازن برحسب بار خازن (مطابق شکل) خط راستی است که از مبدأ می‌گذرد و شیب آن برابر وارون ظرفیت خازن است.



۲۲ ظرفیت خازن براساس ویژگی‌های هندسی و جنس عایق صفحه‌های خازن

$$C = k\epsilon_0 \frac{A}{d}$$

در این رابطه ϵ_0 ، ضریب گذردهی الکتریکی خلأ است که مقدار آن برابر $\frac{F}{m} \times 10^{-12} \times 8.85$ است. A ، مساحتی از دو صفحه خازن است که روبه‌روی یکدیگرند و برحسب متر مربع است و d ، فاصله دو صفحه خازن از هم برحسب متر است. K ثابت دی‌الکتریک، ماده عایقی است که فضای بین صفحه‌های خازن را کاملاً پر کرده است. توجه کنید که ثابت دی‌الکتریک، یکا ندارد. همچنین ثابت دی‌الکتریک به جنس ماده دی‌الکتریک بستگی دارد و به ابعاد آن بستگی ندارد.

۲۳ رابطه مقایسه‌ای ظرفیت خازن

نسبت ظرفیت خازن در دو وضعیت از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2}$$

۲۴ میدان الکتریکی خازن تخت

چون میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن تخت، میدان الکتریکی یکنواخت است، با توجه به رابطه‌های زیر، برای خازن‌های تخت داریم:

$$\left. \begin{aligned} C &= \kappa\epsilon_0 \frac{A}{d} \\ C &= \frac{Q}{V} \xrightarrow{V=Ed} C = \frac{Q}{Ed} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{Q}{Ed} = \kappa\epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow E = \frac{Q}{A\epsilon_0\kappa}$$