

یکاهای، کمیت‌های فیزیکی و بردارها



اسطرلاب مهمترین ابزار اندازه‌گیری دانشمندان بوده است

در این فصل:

استانداردها و یکاها

دستگاه بین‌المللی یکاها

پیشوندها و تبدیل یکاها

بردارها و جمع برداری

آزمون تشریحی

آزمون چندگزینه‌ای



در این بخش

۱- استانداردها و یکاها

- هر عددی که برای توصیف کمی یک پدیده فیزیکی به کار می‌رود، **کمیت فیزیکی** نامیده می‌شود.
- هر کمیت فیزیکی را با یکاهای مخصوص خودش و از راه مقایسه با یک **استاندارد** اندازه‌گیری می‌کنیم.
- یکاهای اندازه‌گیری **نباید تغییر کنند** و دارای **قابلیت باز تولید** در مکان‌های مختلف باشند.
- به آن دسته از کمیت‌های فیزیکی که یکای آنها به‌طور مستقل تعریف می‌شود، **کمیت اصلی** و یکاهای آن را **یکاهای اصلی** می‌نامند.
- به سایر کمیت‌هایی که یکای آنها را به کمک قانون‌های فیزیکی و کمیت‌های اصلی تعریف می‌کنیم، **کمیت‌های فرعی** و یکاهای آنها را **یکاهای فرعی** می‌نامند.

در این بخش

۲- دستگاه بین‌المللی یکاها

- دستگاه یکاهایی که دانشمندان علوم و مهندسان در سراسر جهان به کار می‌برند با نام **دستگاه بین‌المللی** یا SI خوانده می‌شود.
- زمان، طول و جرم از جمله کمیت‌های اصلی SI هستند.
- یکای زمان در SI ثانیه است و براساس عملکرد ساعت‌های اتمی تعیین می‌شود.
- یکای طول در SI متر است و برابر فاصله‌ای است که نور در بازه زمانی $\frac{1}{299792458}$ ثانیه در خلأ می‌پیماید.
- یکای جرم در SI کیلوگرم است و استاندارد جرم (1kg) در SI، جرم استوانه‌ای از جنس پلاتین - ایریدیم است که در موزه‌ای در نزدیکی پاریس نگه‌داری می‌شود.

مثال حل شده

جرم پروتون 1.67×10^{-27} kg و جرم الکترون 9.11×10^{-31} kg است. جرم هر پروتون چند برابر الکترون است؟
حل: اگر جرم الکترون را با m_e و جرم پروتون را با m_p نشان دهیم، می توان نوشت:

$$\frac{m_p}{m_e} = \frac{1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}}{9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}} = 1833$$

یعنی هر پروتون ۱۸۳۳ مرتبه از هر الکترون سنگین تر است و به این معنی است که بیش از ۹۹ درصد جرم هر اتم در هسته آن متمرکز است.

مثال حل شده

به جدول ۳-۱ کتاب درسی مراجعه کنید و نسبت بیشترین طول به کمترین طول را پیدا کنید.
حل: با توجه به جدول ۳-۱، بیشترین طول مربوط به اندازه کیهان است که برابر 2×10^{26} m و کمترین طول مربوط به شعاع پروتون و برابر 1×10^{-15} m است.
 به این ترتیب نسبت بیشترین طول به کمترین طول برابر است با:

$$\frac{2 \times 10^{26} \text{ m}}{1 \times 10^{-15} \text{ m}} = 2 \times 10^{41}$$

مثال حل شده

با توجه به جدول ۲-۱ کتاب درسی، زمان متوسط بین دو تپش قلب انسان 0.8 s است. قلب انسان در هر سال تقریباً چند بار می تپد؟
حل: هر سال $3/1 \times 10^7$ ثانیه است. بنابراین تعداد تپش های قلب در هر سال برابر است با:

$$\frac{3/1 \times 10^7 \text{ s}}{0.8 \text{ s}} = 38750000$$

یعنی قلب هر انسان در یک سال حدود ۴۰ میلیون بار می تپد

۱. به جدول ۲-۱ کتاب درسی مراجعه کنید و نسبت کمترین زمان به بیشترین زمان را به دست آورید.

.....

.....

.....

۲. کوازارها دورترین اجرامی هستند که از زمین دیده شده‌اند و به عبارتی در لبه قابل دید کیهان قرار دارند. فاصله کوازارها از زمین حدود 2×10^{26} m برآورد شده است. این فاصله برابر چند سال نوری است؟ (راهنمایی: به مثال ۱-۲ کتاب درسی توجه کنید).

۳. سال ۱۳۸۶ (۲۰۰۷) به مناسبت هشتصدمین سال تولد جلال‌الدین محمد بلخی از طرف سازمان علمی فرهنگی یونسکو، سال مولانا نام‌گذاری شد. هشتصد سال چه کسری از سن زمین است؟ (راهنمایی: از جدول ۱-۲ کتاب درسی استفاده کنید).



شکل ۱-۱

۴. سریع‌ترین رشد گیاه متعلق به گیاهی موسوم به *hesperoyucca* است که در ۱۴ روز، $3/7$ m رشد می‌کند (شکل ۱-۱). این گیاه در هر ثانیه چقدر رشد می‌کند؟

۵. در 6 g آب، 2×10^{23} عدد مولکول آب (H_2O) وجود دارد. جرم یک مولکول آب چند گرم است؟



شکل ۲-۱

۶. قدیمی‌ترین سنگ نوشته حقوق بشر که تاکنون یافت شده به حدود ۲۵۵۰ سال پیش باز می‌گردد که به فرمان کوروش، پادشاه ایران در دوره هخامنشیان نوشته شد (شکل ۱-۲). چند روز از آن زمان می‌گذرد؟

۳-۱ پیشوندها و تبدیل یکاها

در این بخش

- در SI یکاهای بزرگ‌تر و کوچک‌تر با مضرب‌های 10^6 یا $\frac{1}{10^6}$ به یکاهای اصلی مربوط می‌شوند.
- بیت، یکای پایه یا بنیادی اطلاعات در رایانه و ارتباطات است.
- به دسته‌های ۸ تایی از بیت‌ها، بایت گفته می‌شود.
- برای تبدیل یکاها، از روشی به نام **تبدیل زنجیره‌ای** استفاده می‌کنیم. در این روش اندازه اولیه کمیت را در یک ضریب تبدیل ضرب می‌کنیم.

مثال حل شده

میکرومتر (μm) اغلب میکرون نامیده می‌شود. هر کیلومتر چند میکرون است؟
حل: با توجه به اینکه هر میکرون 10^{-6} m است، داریم:

$$1 \text{ km} = 10^3 \text{ m} = 10^3 \text{ m} \times \left(\frac{1 \mu\text{m}}{10^{-6} \text{ m}} \right) = 10^9 \mu\text{m}$$

مثال حل شده

نیم عمر یک هسته پرتوزا (رادیواکتیو) $1/5 \times 10^{-8} \text{ s}$ است. این نیم عمر بر حسب میلی ثانیه (ms)، میکرو ثانیه (μm)، نانو ثانیه (ns) و پیکوثانیه (ps) چقدر است؟

حل:

$$1/5 \times 10^{-8} \text{ s} = 1/5 \times 10^{-8} \text{ s} \times \left(\frac{1 \text{ ms}}{10^{-3} \text{ s}} \right) = 1/5 \times 10^{-5} \text{ ms}$$

$$1/5 \times 10^{-8} \text{ s} = 1/5 \times 10^{-8} \text{ s} \times \left(\frac{1 \mu\text{s}}{10^{-6} \text{ s}} \right) = 1/5 \times 10^{-2} \mu\text{s}$$

$$1/5 \times 10^{-8} \text{ s} = 1/5 \times 10^{-8} \text{ s} \times \left(\frac{1 \text{ ns}}{10^{-9} \text{ s}} \right) = 15 \text{ ns}$$

$$1/5 \times 10^{-8} \text{ s} = 1/5 \times 10^{-8} \text{ s} \times \left(\frac{1 \text{ ps}}{10^{-12} \text{ s}} \right) = 15000 \text{ ps}$$

مثال حل شده

لوله یک ماشین آتش‌نشانی در هر دقیقه ۳۰۰ لیتر آب روی آتش می‌ریزد. این عدد را بر حسب m^3/s بیان کنید. هر لیتر برابر 1000 cm^3 است.

حل: ابتدا لیتر را بر حسب m^3 به دست می‌آوریم:

$$1 \text{ lit} = 1000 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ cm}^3 \times \left(\frac{1 \text{ m}^3}{10^6 \text{ cm}^3} \right) = 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$300 \text{ lit} / \text{min} = 300 \times \frac{10^{-3} \text{ m}^3}{60 \text{ s}} = 5 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

به این ترتیب 3000 lit/min برابر است با:

مثال حل شده

شخصی در یک پرهیز (رژیم) غذایی $1/8 \text{ kg}$ در هفته جرم خود را از دست می دهد (یا اصطلاحاً وزن کم می کند). آهنگ از دست دادن جرم را بر حسب گرم بر ساعت بیان کنید.
حل: با توجه به اینکه هر هفته 168 h و هر کیلوگرم 10^3 گرم است، داریم:

$$\frac{1/8 \text{ کیلوگرم}}{\text{هفته}} = 1/8 \times \frac{10^3 \text{ g}}{168 \text{ h}} = 10/7 \text{ g/h}$$

مثال حل شده

قلب شخصی در هر ثانیه 92 cm^3 خون تلمبه می کند. اگر حجم خون این شخص $5/5$ لیتر باشد، چه مدت طول می کشد تا اینکه همه خون در دستگاه گردش خون یک دور کامل بزند؟
حل: از آنجا که هر لیتر برابر 10^3 cm^3 است داریم:

$$5/5 \text{ lit} = 5/5 \times 10^3 \text{ cm}^3$$

زمان لازم برای اینکه این مقدار خون یک دور کامل در دستگاه گردش خون بزند برابر است با:

$$t = \frac{5/5 \times 10^3 \text{ cm}^3}{92 \text{ cm}^3 / \text{s}} = 60 \text{ s}$$

۱.۷ اگر جرم 1 cm^3 آب 1 g باشد، جرم 1 cm^3 آب را بر حسب kg پیدا کنید.

۸. جدول زیر را کامل کنید.

$2/1 \times 10^2 \text{ kg}$	.....Gg	.....Eg
250 pm}	.....nm	.....Tm
420 ms}	.....s	.....ps
$14/3 \text{ g}$	.....μs}	.....kg
2 TB}	.....GB	.....MB
$1/5 \times 10^7 \text{ km}$	.....cm	.....μs
$2 \times 10^2 \text{ ns}$	.....μs}	.....s

۹. هر لیتر برابر 0.264 گالون است. 20 گالون چند لیتر و چند m^3 است؟

۱۰. یک میلیارد ثانیه دیگر شما چند سال مسن تر می شوید؟ (فرض کنید هر سال 365 روز است).

۱۱. برجسب روی شیشه سس سالاد، حجم محتوای آن را 0.473 لیتر اعلام می کند. با توجه به اینکه $1 \text{ lit} = 10^3 \text{ cm}^3$ و $1 \text{ in} = 2.54 \text{ cm}$ است، این حجم را برحسب اینچ مکعب (in^3) بیان کنید. (اینچ (in) یکایی است که هنوز در بسیاری موارد، به ویژه در کارهای مهندسی به کار می رود).

۱۲. چند اسکناس هزار تومانی را باید روی هم بگذارید تا به ماه برسند؟ آیا این کار ارزان تر از ساختن و فرستادن یک فضاییما به ماه در می آید؟ (راهنمایی: ابتدا چند اسکناس هزار تومانی را روی هم بگذارید و ببینید چند اسکناس در 1 mm جا می گیرد، همچنین فاصله زمین تا ماه را 384000 کیلومتر بگیرید).

۱۳. نسبت جرم به حجم هر جسم را «چگالی» آن جسم می نامند. چگالی سرب برابر 11.3 g/cm^3 است. یعنی هر cm^3 سرب جرمی برابر 11.3 گرم دارد. این چگالی بر حسب kg/m^3 چقدر است؟

۱۴. بزرگ ترین قطعه الماس بریده شده در جهان «اولین ستاره آفریقا» نام دارد که بر عصای سلطنتی بریتانیا نصب شده است و در برج لندن نگهداری می شود. حجم این قطعه الماس $1/84$ اینچ مکعب است. حجم آن برحسب سانتی متر مکعب چقدر است؟ برحسب متر مکعب چقدر است؟ ($1 \text{ in} = 2.54 \text{ cm}$)

۱۵. فوت (ft) و مایل (mi) از جمله یکاهای طول هستند که هنوز کاربرد فراوانی دارند. با توجه به اینکه

$1\text{mi} = 5280\text{ft}$ و $1\text{ft} = 30/48\text{cm}$ است، هر مایل چند متر و چند کیلومتر است؟

۱۶. با توجه به جدول ۱-۳ کتاب درسی ببینید درون خورشید تقریباً چه تعداد زمین را می توان جای داد؟

۴-۱ بردارها و جمع برداری

در این بخش

- دو کمیت برداری تنها وقتی با هم برابرند که دارای یک بزرگی و در یک جهت باشند.
- منفی یک بردار را به صورت برداری که دارای همان بزرگی بردار اصلی ولی در جهت مخالف آن است تعریف می کنیم.
- بزرگی یک بردار بنا بر تعریف، یک کمیت نرده ای (یک عدد) و همواره مثبت است.
- جمع برداری از قانون تعویض پذیری پیروی می کند.

مثال حل شده

دو بردار \vec{A} و \vec{B} چه وضعیتی نسبت به هم داشته باشند تا:

الف) $\vec{A} + \vec{B} = \vec{C}$ و $\vec{A} + \vec{A} = \vec{C}$

ب) $\vec{A} + \vec{B} = \vec{C}$ و $\vec{A} + \vec{A} = \vec{C}$

حل: الف) اگر دو بردار موازی و در یک جهت باشند این شرط برقرار است (شکل ۱-۱۵ کتاب درسی را ببینید).

ب) اگر دو بردار عمود بر یکدیگر باشند، این دو شرط برقرار است (شکل ۱-۱۸ کتاب درسی را ببینید).

مثال حل شده

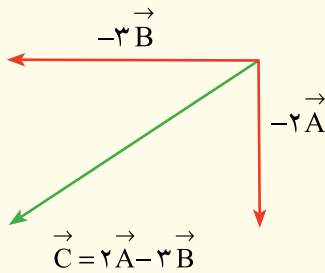
بزرگی بردار \vec{A} برابر ۳ واحد و در جهت شمال به جنوب و بزرگی بردار \vec{B} ، برابر ۵ واحد و در جهت غرب به شرق است. بزرگی و جهت بردارهای زیر را تعیین کنید.

الف) $-\vec{3A}$

ب) $\vec{2A} - \vec{3B}$

پ) $\vec{3B} - \vec{A}$

حل: الف) بزرگی بردار $3\vec{A}$ برابر ۹ واحد و جهت آن جنوب به شمال است.
 ب) چون بردارهای \vec{A} و \vec{B} بر هم عمودند، بزرگی بردار $2\vec{A} - 3\vec{B}$ برابر است با:



شکل ۳-۱

$$C = \sqrt{4A^2 + 9B^2} = \sqrt{4 \times 9 + 9 \times 25} = 16 \text{ واحد}$$

جهت بردار برآیند، به طرف جنوب غربی است (شکل ۳-۱).

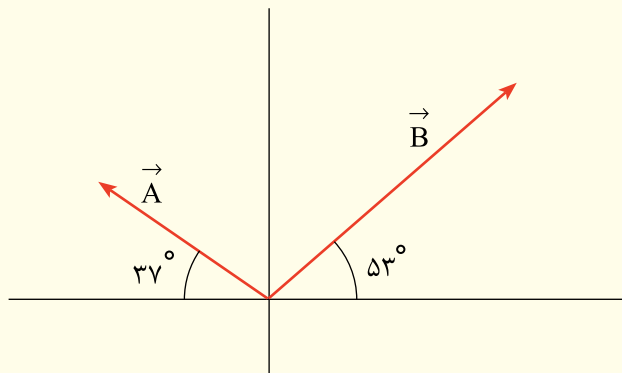
پ) بزرگی بردار $3\vec{B} - \vec{A}$ برابر است با:

$$C = \sqrt{9B^2 + A^2} = \sqrt{9 \times 25 + 9} = 15 \text{ واحد}$$

جهت بردار برآیند به طرف شمال شرقی است. (چرا؟)

مثال حل شده

در شکل ۴-۱، بزرگی بردارهای \vec{A} و \vec{B} به ترتیب برابر ۶ و ۸ واحد است. بزرگی بردار $\vec{A} + \vec{B}$ چقدر است؟



شکل ۴-۱

حل: با توجه به زاویه‌های داده شده، دو بردار \vec{A} و \vec{B} بر یکدیگر عمودند. به این ترتیب داریم:

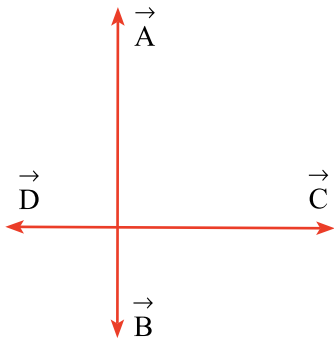
$$C = \sqrt{A^2 + B^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10 \text{ واحد}$$

۱۷. بزرگی دو بردار عمود بر هم \vec{A} و \vec{B} به ترتیب برابر ۴ و ۸ واحد است. بزرگی برآیند این دو بردار چند واحد است؟

.....

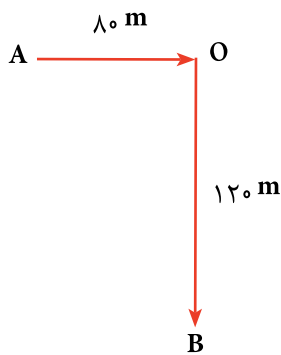
.....

۱۸. بزرگی برآیند دو بردار عمود بر هم \vec{A} و \vec{B} برابر ۲۵ واحد است. اگر $A=4B$ باشد، بزرگی بردار \vec{B} چند واحد است؟



شکل ۵-۱

۱۹. شکل ۵-۱ چهار بردار عمود بر هم \vec{A} ، \vec{B} ، \vec{C} و \vec{D} را نشان می‌دهد. اگر بزرگی این بردارها به ترتیب ۱۰، ۵، ۱۰ و ۵ باشد، بزرگی برآیند آنها چند واحد است؟



شکل ۶-۱

۲۰. دانش آموزی مطابق شکل ۶-۱ از نقطه A به نقطه O و سپس به نقطه B جابه‌جا شده است. بزرگی جابه‌جایی این دانش آموز چند متر است؟

نکته‌ها و توصیه‌های معلم

آزمون تشریحی فصل ۱

۱ گالیله در سال ۱۵۸۱، در حالی که دانشجوی دانشگاه پیزا در ایتالیا بود، توجه‌اش به ثابت بودن زمان نوسان چلچراغ کلیسا جلب شد و مدت زمان نوسان آن را به کمک نبض خود اندازه‌گیری کرد. توضیح دهید آیا ضربان نبض می‌تواند معیار مناسبی برای اندازه‌گیری زمان باشد؟

۲ توصیف کنید که چگونه می‌توانید ضخامت یک ورقه کاغذ را با یک خط‌کش معمولی که تا میلی‌متر مدرج شده است، اندازه بگیرید.

۳ چند یکای مختلف حجم را نام ببرید. فرض کنید دانش‌آموزی اظهار می‌کند که حجم استوانه‌ای به شعاع r و ارتفاع h از رابطه $\pi r^2 h$ به دست می‌آید. توضیح دهید که چرا این گفته نمی‌تواند صحیح باشد.

۴ تفاوت بین کمیت‌های برداری و نرده‌ای را بنویسید و برای هر یک مثالی بزنید.

۵ تبدیل‌های زیر را انجام دهید.

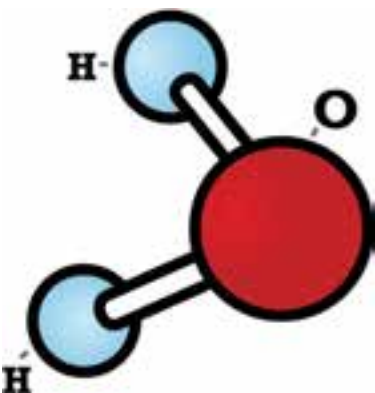
الف) $۲/۳ \times ۱۰^۶ \text{ km} = \dots \text{ m} = \dots \text{ mm} = \dots \text{ nm}$

ب) $۴ \times ۱۰^۳ \text{ ps} = \dots \text{ ns} = \dots \text{ ms} = \dots \text{ s}$

پ) $۲/۴ \times ۱۰^{-۳} \text{ TB} = \dots \text{ GB} = \dots \text{ MB} = \dots \text{ kB}$

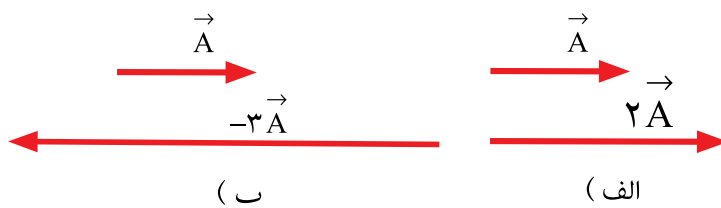
۶ براین دو بردار عمود بر هم \vec{A} و \vec{B} برابر ۴۰° واحد است. اگر $۴\vec{A} = ۳\vec{B}$ باشد، A چند واحد است؟

۷ اگر $\vec{A} + \vec{B} + \vec{C} = 0$ و بزرگی سه بردار یکسان و برابر ۲۰ واحد باشد، در این صورت بزرگی $(\vec{A} + \vec{B} - \vec{C})$ چند واحد است؟



۸ یک مول اتم از هر عنصری شامل $6/02 \times 10^{23}$ اتم است. مثلاً تعداد مولکول‌های یک مول آب (یعنی ۱۸ گرم آب) برابر $6/02 \times 10^{23}$ عدد است (شکل روبه‌رو). اگر پردازنده رایانه‌ای بتواند در هر ثانیه $3/6$ میلیارد از اتم‌های این مقدار آب را بشمارد، چه مدت طول می‌کشد تا این رایانه همه مولکول‌های یک مول آب را بشمارد؟ پاسخ خود را بر حسب سال بیان کنید. (هر یک سال $3/1 \times 10^7$ ثانیه است).

۹ جمع بردارهای نشان داده شده در شکل زیر را به‌طور جداگانه به دست آورید و بردار برآیند را در هر حالت رسم کنید.

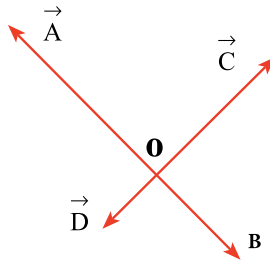


۱۰ جرم هر سانتی‌متر مکعب طلا ۱۹/۳۲ گرم است. از آنجا که طلا فلزی بسیار شکل‌پذیر است، می‌تواند به صورت یک برگه نازک یا یک رشته نازک درآید.

الف) اگر نمونه‌ای از طلا به جرم $27/62 \text{ g}$ به صورت برگه‌ای با ضخامت یک میکرون درآید، مساحت برگه چقدر است؟

ب) اگر این نمونه، به صورت یک رشته استوانه‌ای به شعاع $2/5$ میکرون درآید، طول این رشته چقدر است؟

شکل زیر چهار بردار عمود بر هم را نشان می‌دهد که نقطه O ابتدای آنها است. بزرگی براینده این چهار بردار چند واحد است؟ بزرگی هر یک از بردارهای \vec{A} ، \vec{B} ، \vec{C} و \vec{D} به ترتیب برابر ۱۲، ۴، ۸ و ۲ واحد است.



آزمون چند گزینه‌ای فصل ۱

۱. سال نوری یکای کدام یک از کمیت‌های زیر است؟
الف) زمان (ب) طول (پ) سرعت
۲. $2Gs$ برابر با چند میلی ثانیه است؟
الف) 2×10^9 (ب) 2×10^{-9} (پ) 2×10^{12} (ت) 2×10^{-12}
۳. عامل تبدیل km/h به m/s کدام است؟
الف) $3/6$ (ب) $1/36$ (پ) 36 (ت) $1000/36$
۴. فرض کنید a و b دو کمیت فیزیکی با یکاهای متفاوت باشند. کدام یک از گزینه‌های زیر از لحاظ فیزیکی بامعنا است؟
الف) $a+b$ (ب) $a-b$ (پ) $\frac{a}{b}$
۵. برآیند دو بردار هنگامی کمینه است که زاویه بین آنها درجه باشد.
الف) صفر (ب) 90 (پ) 180
۶. در صورتی دو رابطه $\vec{A} + \vec{B} = \vec{C}$ و $A+B=C$ برقرار است که بردارهای \vec{A} و \vec{B} :
الف) موازی و برخلاف جهت هم باشند.
ب) موازی و در جهت هم باشند.
پ) برهم عمود باشند.
۷. بزرگی بردار \vec{A} برابر $4m$ و در جهت شمال به جنوب است. بزرگی و جهت بردار جابه‌جایی $\vec{B} = -3\vec{A}$ چگونه است؟
الف) $12m$ ، شمال به جنوب (ب) $12m$ ، جنوب به شمال
پ) $12m$ ، شمال به جنوب (ت) $12m$ ، جنوب به شمال
۸. دو بردار \vec{A} و \vec{B} برهم عمودند و برآیند آنها با بردار \vec{B} زاویه 45 درجه می‌سازد. اگر بزرگی بردار \vec{B} برابر 12 واحد باشد، بزرگی بردار \vec{A} چند واحد است؟
الف) 6 (ب) 12 (پ) $6\sqrt{2}$ (ت) $12\sqrt{2}$
۹. بزرگی برآیند دو بردار عمود بر هم a و $\sqrt{3}a$ کدام است؟
الف) $\sqrt{2}a$ (ب) $2a$ (پ) $(1+\sqrt{3})a$ (ت) $4a$
۱۰. در رابطه $X = \frac{1}{2}ct^2$ یکای X بر حسب متر و یکای t بر حسب ثانیه است. یکای c کدام است؟
الف) ms^2 (ب) ms (پ) ms^{-1} (ت) ms^{-2}