@jozveh_nub

فصل سوم: نوسان وموج

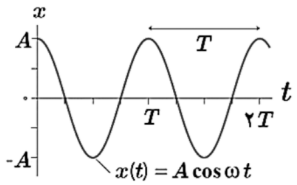
نوسانِ دوره‌ای: حرکتی است که متحرّک، پس از طیِ زمانِ معیّنی، به وضعیّتِ اوّلیه برگشته و حرکتِ خود را از نو، آغاز می‌کند. مانندِ حرکتِ منظّمِ قلب، حرکتِ تاب، حرکتِ زمین به دورِ خورشید و ...

حرکتِ هماهنگِ ساده: به نوسان‌های سینوسی، حرکت هماهنگ ساده (SHM) گفته می‌شود. در این حرکت، متحرّک، روی یک پاره خط، حولِ نقطه‌ی تعادلی واقع در وسطِ پ اره خط، حرکتِ رفت و برگشت، انجام می دهد. دو نمونه از حرکتِ هماهنگِ ساده، عبارت از: ۱) حرکتِ آونگ، وقتی که، زاویه‌ی α خیلی کوچک باشد، ۲) حرکتِ نوسانیِ وزنه‌ی متّصل به فنر.

دوره تناوب: در حرکتِ هماهنگِ ساده، مدّت زمانی که جسم، یک بار رفت و برگشت را انجام می‌دهد، دوره‌ی حرکت نامیده و آن را با T نشان می‌دهیم و واحدِ آن، ثانیه است

بسامد: درحرکتِ هماهنگِ ساده، تعدادِ رفت و برگشت‌ها، در مدّتِ ۱ ثانیه، بسامدِ حرکت است. (توجّه کنید که در حرکتِ دایره‌ای، بسامد، تعداد دورهایِ کامل در ۱ثانیه بود).

بسامد را با f نشان می‌دهیم و واحدِ آن هرتز است. داریم: $T=\frac{۱}{f}$ یا $f=\frac{1}{T}$



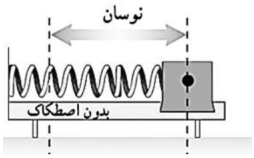
تعداد نوسانات در مدت زمان t ثانیه (N) برابر است با $N=f\,t=\frac{t}{T}$

دامنه‌ی نوسان: درحرکتِ هماهنگِ ساده، بیشترین فاصله‌ی نوسان گر از نقطه ی تعادل را دامنه ی حرکت نامیده و آن را با A نشان می‌دهیم و واحدِ آن متر می‌باشد. .

(معادلهٔ مکان زمان در حرکت هماهنگ ساده) $x(t)=A\cos\omega t$

ω بسامد زاویه‌ای و برابر $\omega=\frac{2\pi}{T}=2\pi f$ است. یکای بسامد زاویه ای در SI ، rad/s است.

وقتی نوسانگر در $x=\pm A$ است، سرعت آن برابر با صفر است به این نقطه‌ها اصطلاحاً نقطه‌های بازگشتِ حرکت می‌گویند. وقتی $x=o$ است (یعنی نوسانگر از نقطهٔ تعادل می‌گذرد) اندازهٔ سرعت بیشینه است.



سامانهٔ جرم فنر: دورهٔ تناوب T ، بسامد f و بسامد زاویه‌ای ω برای هر سامانهٔ جرم فنر، برابر است با:

$$T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad ، \quad f=\frac{۱}{۲\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} \quad و \quad \omega=\sqrt{\frac{k}{m}}$$

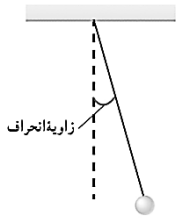
- دورهٔ تناوب سامانهٔ جرم فنر با یک فنر معیّن ولی وزنه های متفاوت، با جذر جرم وزنه به طور مستقیم متناسب است
- دورهٔ تناوب سامانهٔ جرم فنر با یک وزنهٔ معیّن ولی فنر های متفاوت، با جذر ثابت فنر به طور وارون متناسب است.

Edited with the demo version of
Infix Pro PDF Editor
To remove this notice, visit:
www.iceni.com/unlock.htm

@jozveh_nub

@jozveh_nub

آونگ ساده: آونگ ساده شامل وزنهٔ کوچکی به جرم m است که از نخ بدون جرم و کش نیامدنی به طول L که سر دیگر آن ثابت شده، آویزان است. اگر زاویهٔ انحراف آونگ از وضع تعادل کوچک باشد، آونگ حرکت هماهنگ ساده خواهد داشت. دورهٔ تناوب آونگ ساده فقط به شتاب گرانشی(g) وطول آونگ (L) بستگی دارد، و از رابطهٔ زیر به دست می آید:

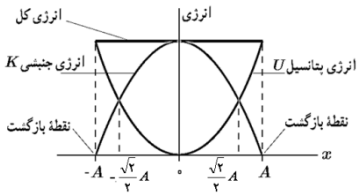


$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \qquad \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{l_2}{l_1}\times\frac{g_1}{g_2}} \quad , \quad \omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

❖ با توجه به رابطه‌ی دوره تناوب آونگ: دورهٔ تناوب آونگ ساده به جرم و دامنهٔ آن بستگی ندارد.

❖ اگر اندازه گیری در محلّی به غیر از زمین باشد، به جایِ g شتابِ جاذبه در آن محل را قرار می‌دهیم. مثلا اگر اندازه گیری در آسانسور باشد، به جایِ g، g' یعنی نتیجه‌ی شتاب خود آسانسور و شتاب زمین ($g' = g \pm a$) را قرار می‌دهیم.

انرژی در حرکت هماهنگ ساده:



در سامانهٔ جرم-فنر انرژی پتانسیل (U) متناسب با x^2 است. بنابراین انرژی پتانسیل سامانهٔ جرم فنر در نقاط بازگشتی ($x = \pm A$) بیشینه و در نقطهٔ تعادل (x=۰) برابر صفر است.

انرژی جنبشی (K) جرم –فنر به جرم قطعهٔ متصل به فنر و تندی آن بستگی دارد.

هرچه فاصله (x) بیشتر، انرژی پتانسیل بیشتر و هرچه سرعت (v) بیشتر، انرژی جنبشی بیشتر است.

در دامنه‌ی $\pm\frac{\sqrt{2}}{2}A$ مقدار انرژی جنبشی و پتانسیل با هم برابر است.

انرژی مکانیکی سامانهٔ جرم فنر (E=U+K): انرژی کل یک نوسانگر هارمونیک ساده با مجذور بسامد، مجذور دامنه و جرم نوسانگر رابطه‌ی مستقیم دارد.

$$E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2A^2 = 2\pi^2mA^2f^2$$

$$\frac{E_2}{E_1} = (\frac{f_2}{f_1})^2 \times (\frac{A_2}{A_1})^2$$

تشدید: اگر در نوسانگری نوسان‌های واداشته با بسامد طبیعی نوسانگر برابرشود (یعنی $f_d=f_o$)، در چنین وضعیتی اصطلاحاً گفته می‌شود که برای نوسانگر تشدید (رزونانس) رخ داده است. در این حالت دامنه‌ی نوسان افزایش می‌یابد.

انواعِ موج با توجّه به محیطِ انتشار: ۱-امواجِ مکانیکی: این امواج برایِ انتشار، به محیطِ مادّی نیاز دارند، بنابراین در خلأ انتشار نمی‌یابند. مانندِ امواجِ صوتی، تشکیلِ موج بر سطحِ آب، موجِ ایجاد شده در طناب، فنر و ... .**۲-امواجِ الکترومغناطیس:** این امواج د ر همه جا (مایعات، جامدات، گازها و خلأ)منتشر می شوند. مانندِ نور، امواجِ رادیویی، اشعه‌ی گاما و .....

انواع موج از لحاظ راستای ارتعاش: ۱) امواجِ عرضی: اگر راستایِ نوسانِ ذرّه‌هایِ محیط، عمود بر راستایِ انتشارِ موج باشد، موج را عرضی می‌نامند.

۲)امواجِ طولی: اگر راستایِ نوسانِ ذرّه‌هایِ محیط، موازی با راستایِ انتشارِ موج باشد، موج را طولی می‌نامند.

امواجِ مکانیکی عرضی، در محیط‌هایی منتشر می‌شوند که نیرویِ بینِ ذرّاتِ آن نسبتاً زیاد باشد. با این حساب، امواجِ مکانیکی عرضی، فقط در جسم‌هایِ جامد و سطحِ مایع(به دلیلِ کششِ سطحی در سطحِ مایع) ایجاد و منتشر می‌شوند. ولی امواجِ طولی در تمامِ حالاتِ مادّه، ایجاد و منتشر می‌شوند.

مشخصه های موج:

۱) طول موج: . فاصلهٔ بین دو برآمدگی یا دو فرورفتگی مجاور، **طول موج** نامیده می‌شود و آن را با λ نشان می‌دهند. طول موجِ λ برابر با مسافتی است که موج در مدت دورهٔ تناوب نوسان چشمه طی می‌کند.

۲) دامنه (A): بیشینهٔ فاصلهٔ یک ذره از مکان تعادل، دامنهٔ موج نامیده می‌شود که همان فاصلهٔ قله یا دره نسبت به سطح آرام یا ساکن است.

۳) دورهٔ تناوب(T): مدت زمانی که هر ذرهٔ محیط یک نوسان کامل انجام می‌دهد دورهٔ تناو ب موج نامیده می‌شود که برابر با زمانی است که چشمهٔ موج یک نوسان کامل انجام می‌دهد.

۴) بسامد (f): تعداد نوسان‌های انجام شده توسط هر ذرهٔ محیط در یک ثانیه بسامد موج نامیده می‌شود که برابر با بسامد چشمهٔ موج نیز هست. پس: $f = \frac{1}{T}$

۵) تندی انتشار موج (v): اگر جبههٔ موج در مدت Δt مسافت L را طی کند، تندی انتشار موج از رابطهٔ $v = \frac{L}{\Delta t}$ به دست می‌آید. از آنجا که طول موج λ در دورهٔ T طی می‌شود، داریم: (تندی انتشار موج $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$)

عواملِ مؤثر بر سرعتِ انتشارِ موج: سرعتِ انتشارِ موج در یک محیط، به ویژگی هایِ فیزیکیِ آن محیط (جنس،دما، فشار و ...) بستگی دارد، امّا به شرایطِ فیزیکیِ چشمه‌ی موج (بسامد، دامنه، انرژیِ مکانیکی و ...) بستگی ندارد.

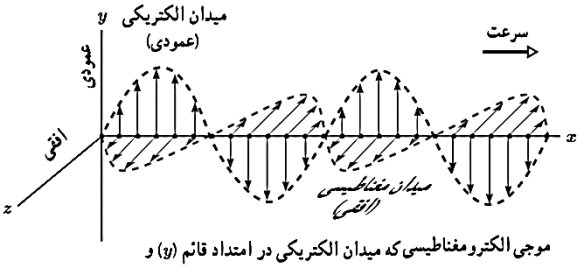
❖ دقت کنید که تندی ارتعاش (نوسان) که بیشینه‌ی آن $A\omega$ است را با تندی انتشار موج که مقداری ثابت است، اشتباه کنید.

❖ **تندی انتشار موج عرضی در یک فنر، تار یا ریسمان کشیده** به نیروی کشش (F) و چگالی خطی جرم (μ=m/L) بستگی دارد و از رابطهٔ زیر به دست می آید:

❖ $v = \sqrt{\frac{f}{\mu}}$ (تندی انتشار موج عرضی در تار یا فنر)

$$\mu = \rho A \Rightarrow V = \sqrt{\frac{F}{\rho A}}$$

$$\mu = \frac{m}{L} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{F\times L}{m}}$$



موجی الکترومغناطیسی که میدان الکتریکی در امتداد قائم (y) و میدان مغناطیسی در امتداد افقی (z) و انتشار موج در جهت x است.

امواج الکترومغناطیسی: امواج الکترومغناطیسی از تغییر هم زمان میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در فضا به وجود می‌آیند.

Edited with the demo version of Infix Pro PDF Editor
To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm

@jozveh_nub

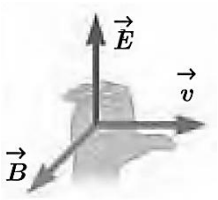
@jozveh_nub

مشخصهٔ بارز امواج الکترومغناطیسی

- میدان الکتریکی $\vec{E}$ همواره عمود بر میدان مغناطیسی $\vec{B}$ است.
- میدان های الکتریکی و مغناطیسی E و B همواره بر جهت حرکت موج عمود ند و در نتیجه موج الکترومغناطیسی، یک موج عرضی است.
- میدان‌ها با بسامد یکسان و همگام با یکدیگر تغییر می‌کنند.
- جهت انتشار امواج الکترومغناطیسی را می‌توان مطابق شکل از قاعدهٔ دست راست تعیین کرد.

جهتِ انتشارِ موجِ الکترومغناطیسی($\vec{k}$)هم جهت با بردارِ($\vec{E}\times\vec{B}$)است. همانندِ محورهایِ مختصات $\frac{(\vec{E},\vec{B},\vec{k})}{(\vec{x},\vec{y},\vec{z})}$ ، پس اگر چها انگشتِ دستِ راست را در جهتِ $\vec{B}$ طوری

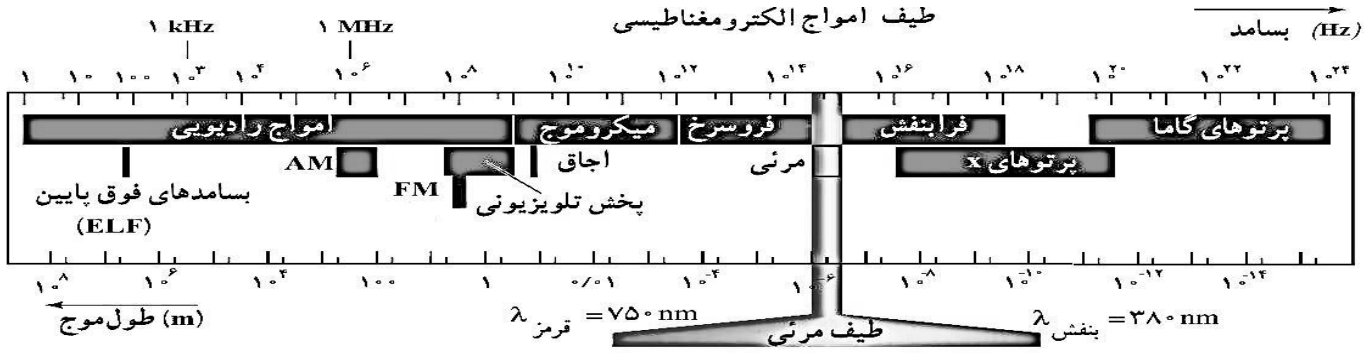
قرار داده که انگشتِ شصتِ دستِ راست در جهتِ $\vec{E}$ باشد،آن گاه بردارِ $\vec{k}$ از کفِ دستِ راست خارج می شود.



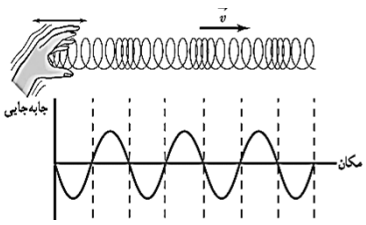
تندی انتشار امواج الکترومغناطیسی در خلأ از رابطهٔ $c=\frac{1}{\sqrt{\mu_o\varepsilon_o}}$ به دست می آید. که در آن تراوایی مغناطیسی خلأ $\mu_o=۴\pi\times۱۰^{-۷}\,T.m/A$ و ضریب گذردهی الکتریکی خلأ $\varepsilon_o=۸/۸۵\times۱۰^{-۱۲}\,C^۲/Nm^۲$

$$c=\frac{1}{\sqrt{\mu_o\varepsilon_o}}=3\times10^8\frac{m}{s}$$

- نور هم یک موج الکترومغناطیسی است زیرا با تندی c منتشر می‌شود.
- امواج الکترومغناطیسی انرژی را صورت انرژی میدان های الکتریکی و مغناطیسی منتقل می کنند.



موج طولی و مشخصه‌های آن: در مورد امواج طولی، طول موج برابر با فاصلهٔ بین دو تراکم (برای فنر،جمع شدگی) یا دو انبساط (برای فنر، بازشدگی) متوالی است. همچنین دامنهٔ موج طولی برابر با بیشینهٔ جابه جایی از مکان تعادل است. برای امواج مکانیکی، تندی انتشار امواج طولی در یک محیط جامد بیشتر از تندی انتشار امواج عرضی درهمان محیط است.



موج صوتی: صوت یک موج طولی است که توسط جسمی مرتعش (چشمه صوت) تولید می‌شود. صوت فقط درمحیط های مادی مانند گاز، مایع، یا جامد می‌تواند ایجاد و منتشر شود. امواج صوتی مجموعه‌ای از تراکم‌ها و انبساط‌ها تشکیل شده‌اند.

- تندی انتشار صوت نیز مانند هر موج مکانیکی دیگری با رابطهٔ $V=f\lambda$ به بسامد و طول موج مربوط می‌شود و به ویژگی‌های فیزیکی محیط بستگی دارد. تندی صوت افزون بر جنس محیط به دما نیز بستگی دارد.
- معمولا سرعت صوت در جامدها بیشتر از مایع‌ها و در مایع‌ها بیشتر از گازها است.

- **شدت و تراز شدت صوت:** شدت یک موج صوتی(I) در یک سطح، برابر با آهنگ متوسط انرژی‌ای است که توسط موج به واحد سطح، عمود بر راستای انتشار صوت می رسد یا از آن عبور می کند. که در آن $\bar{P}$ آهنگ متوسط انتقال انرژی و A مساحت سطحی است که صوت با آن برخورد می‌کند. بنابراین یکای شدت صوت، وات بر متر مربع $(W/m^۲)$ است.

$$I=\frac{E}{At}=\frac{\bar{P}}{A}$$

- شدت صوتی که از سطح کره‌ای به مساحت $A=۴\pi R^۲$ عبور می‌کند، از رابطه‌ی روبرو به دست می‌آید. $I=\frac{P}{۴\pi R^۲}$

شدّتِ صوتِ مبنا: آستانه‌ی شنواییِ صوتی با بسامدِ $۱۰۰۰\,Hz$ برایِ گوشِ سالم است که برابر است با: $I_o=۱۰^{-۱۲}\frac{W}{m^۲}=۱۰^{-۶}\frac{\mu W}{m^۲}$

ترازِ شدّتِ صوت یا شدّتِ احساسِ نسبیِ صوت: ترازِ شدتِ صوت، در واقع درکِ انسان را از بلندیِ صوت بیان می کند و عبارت از لگاریتم در پایه ی دهِ نسبتِ شدّتِ آن صوت به شدّتِ صوتِ مبنا که آن را با β نشان داده و واحدِ آن بِل میباشد:

$$\beta=\log\frac{I}{I_o}(b)$$

هر بِل ۱۰ دسی بِل است. بنابراین:

$$\beta=۱۰\log\frac{I}{I_o}(db)$$

بلندیِ نسبیِ صوت: تفاضلِ ترازِ شدّتِ دو صوت را بلندیِ نسبیِ آن‌ها گویند. اگر صوتی به شدّتِ $I_۲$ با ترازِ $\beta_۲$ و صوتی دیگر با شدّتِ $I_۱$ با ترازِ $\beta_۱$ شنیده شوند، اگر $\beta_۲>\beta_۱$ باشد، بلندیِ نسبیِ آن‌ها برابر است با: $\Delta\beta=\beta_۲-\beta_۱=۱۰\log\frac{I_۲}{I_۱}$

Edited with the demo version of Infix Pro PDF Editor
To remove this notice, visit: www.iceni.com/unlock.htm

@jozveh_nub

@jozveh_nub

از طرفی چون شدت نسبت عکس با مجذور فاصله دارد پس می‌توان نوشت: $\frac{I_2}{I_1}=\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2$ **در نتیجه:** $\Delta\beta=20\log\frac{d_1}{d_2}$

ادراک شنوایی: با شنیدن هر تُن، دو ویژگی را می‌توان از هم متمایز ساخت: ارتفاع و بلندی آن. ارتفاع و بلندی هر دو به ادراک شنوایی ما مربوط می‌شوند.

ارتفاع، بسامدی است که گوش انسان درک می کند؛ مثلاً اگر چند دیاپازون با بسامدهای مختلف به طور یکسان نواخته شوند بسامد آنها را می‌توان از کمترین تا بیشترین مقدار تشخیص داد.

بلندی، شدتی است که گوش انسان از صوت درک می‌کند. اگر یک دیاپازون با بسامد مشخص را با ضربه هایی متفاوت به ارتعاش واداریم، با آنکه بسامد صدایی که می‌شنویم تغییر نمی‌کند، اما صداهایی با بلندی متفاوت را حس می‌کنیم که این به شدت ضربه ها بستگی دارد.

بلندی متفاوت با شدت است. شدت را می‌توان با یک آشکار ساز اندازه گرفت، در حالی که بلندی چیزی است که شما حس می‌کنید. دستگاه شنوایی انسان به بسامدهای متفاوت حساسیت های متفاوتی نشان می‌دهد، به طوری که بیشترین حساسیت گوش انسان به بسامدهایی در گسترهٔ ۲۰۰۰Hz تا ۵۰۰۰ Hz است، در حالی که گوش انسان قادر به شنیدن تُن های صدای ۲۰Hz تا ۲۰۰۰۰ Hz است.

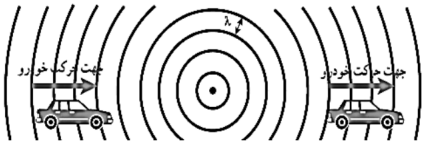
اثرِ دوپلر: تغییرِ بسامدی که در اثرِ حرکتِ نسبیِ منبعِ صوت و شنونده ایجاد می‌شود را پدیده‌ی دوپلر گویند. (این پدیده برایِ امواجِ دیگر نیز اتّفاق می‌افتد).

❖ اثر دوپلر نه تنها برای امواج صوتی بلکه برای امواج الکترومغناطیسی، مانند میکروموج ها، موج های رادیویی و نورمرئی نیز برقرار است.

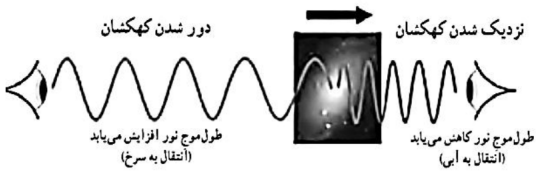
الف) چشمهٔ متحرک و ناظر(شنوندهٔ) ساکن:

اگر ناظر ساکنی را روبه روی ماشین در نظر بگیریم، این ناظر طول موج کوتاه تری را نسبت به وضعیتی که ماشین ساکن بود اندازه می گیرد، که این به معنی افزایش بسامد برای این ناظر است. در حالی که ناظر ساکن عقب ماشین طول موج بلندتری را نسبت به وضعیتی که ماشین ساکن بود اندازه می گیرد، که این به معنی کاهش بسامد برای این ناظر است.

ب) چشمهٔ ساکن و ناظر(شنوندهٔ) متحرک:



در این حالت تجمع جبهه‌های موج در دو سوی چشمه یکسان است. اگر ناظر به طرف چشمه حرکت کند، در مقایسه با ناظر ساکن، در مدت زمان یکسان، با جبهه های موج بیشتری مواجه می‌شود که این منجر به افزایش بسامد صوتی می‌شود که ناظر می‌شنود. در حالی که اگر ناظر از چشمه دور شود، در مقایسه با ناظر ساکن، در مدت زمان یکسان، با جبهه های موج کمتری مواجه می‌شود که این منجر به کاهش بسامد صوتی می‌شود که ناظر می‌شنود.



اثر دوپلر برای امواج الکترومغناطیسی: هر گاه چشمهٔ موج الکترومغناطیسی نسبت به ناظر (آشکارساز) در حرکت باشد، بسامد و طول موج دریافتی از این چشمه تغییر می‌کند. وقتی چشمهٔ نور از ناظر (آشکارساز) دور می‌شود، طول موج افزایش می یابد که به آن اصطلاحاً **انتقال به سرخ** می‌گویند و وقتی چشمهٔ نور به ناظر نزدیک می شود، طول موج کاهش پیدا می‌کند که به آن اصطلاحاً **انتقال به آبی** می‌گویند.

Edited with the demo version of
Infix Pro PDF Editor
To remove this notice, visit:
www.iceni.com/unlock.htm

@jozveh_nub