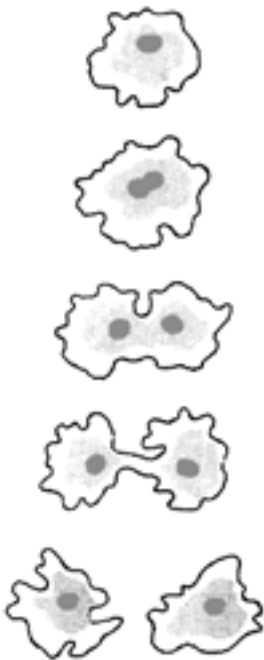


## لگاریتم

اختراع لگاریتم در دنیا، یک شگفتی کامل بود. هیچ‌یک از کارهای قبلی به اختراع آن کمک نکرده بود و هیچ‌یک از آن‌ها ورودش را پیش بینی نکرده بودند. لگاریتم به تنهایی افکار انسان را ناگهان متوجه خود کرد بدون آن‌که از کارهای دیگر اندیشمندان بهره بگیرد و یا آن‌که مسیرهای شناخته شده‌ی تفکر ریاضی را دنبال کند. لورد مولتون<sup>۱</sup>، ۱۹۱۵

### ۳-۱- پیدایش

روش تکثیر آمیب‌ها بسیار جالب است. زمانی که یک سلول آمیب به اندازه‌ی مشخصی می‌رسد، به دو نیم تقسیم می‌شود، سپس حدوداً یک روز طول می‌کشد تا دو آمیب به وجود آمده به اندازه‌ی رشد کنند که باز تقسیم شوند و تبدیل به چهار آمیب گردند و به همین ترتیب تعداد آن‌ها مرتب افزایش می‌یابد.



این نحوه‌ی افزایش از این جهت جالب است که آمیب‌ها با نصف شدن تکثیر می‌شوند! تعداد آمیب‌ها در پایان هفته از جدول (۱) به دست می‌آید که بستگی به زمان دارد. با دقت در این جدول می‌بینیم که سطر دوم (تعداد آمیب‌ها) یک دنباله‌ی توانی است، یعنی یک دنباله‌ی هندسی که هر جمله‌ی آن دو برابر جمله‌ی قبلی است. با این حال، سطر اول (زمان) یک دنباله‌ی حسابی است که در آن هر جمله یکی بیشتر از جمله‌ی قبلی است. نکته‌ی جالبی به وسیله‌ی جان‌نیر ریاضیدان اسکاتلندی در اوایل قرن هفدهم در

۱- Lord Moulton

جدول (۱)

روز زمان	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	...
تعداد آمیب‌ها	۱	۲	۴	۸	۱۶	۳۲	۶۴	۱۲۸	...

مورد این دو دنباله مطرح شد. اگر دو عدد ۴ و ۱۶ از سطر پایین را در نظر بگیریم، حاصل ضرب آن‌ها جمله‌ی دیگری از دنباله‌ی هندسی سطر دوم خواهد بود، یعنی

$$۴ \cdot ۱۶ = ۶۴$$

که جمله‌های متناظر این اعداد در دنباله‌ی حسابی سطر اول به ترتیب ۲، ۴ و ۶ هستند و این همان نکته‌ی جالب است.

جدول (۲)

۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	...
۱	۲	۴	۸	۱۶	۳۲	۶۴	۱۲۸	۲۵۶	۵۱۲	۱۰۲۴	...

یعنی حاصل ضرب اعداد دنباله‌ی هندسی با حاصل جمع اعداد دنباله‌ی حسابی متناظر است. حال حاصل ضرب چند عدد دیگر را در نظر می‌گیریم و نتیجه را مشاهده می‌کنیم. مثال ۱: برای پیدا کردن حاصل ضرب ۱۲۸، ۸، اعداد متناظر ۸ و ۱۲۸ را در سطر اول پیدا می‌کنیم. همان‌طور که مشاهده می‌کنیم، ۳ متناظر با ۸ و ۷ متناظر با ۱۲۸ است و

$$۸ \cdot ۱۲۸ = ۱۰۲۴$$

که ۱۰۲۴ با عدد ۱۰ در دنباله‌ی اولی متناظر است. دقت کنید که ۱۰ همان ۳+۷ است. حال نتایج به دست آمده را کلی‌تر بیان می‌کنیم.

ضرب در دنباله‌ی دوم با جمع در دنباله‌ی اول متناظر است.

با توجه به آنچه گذشت، می‌بینیم که اگر نخواهیم ضرب کنیم، می‌توانیم به جای آن با استفاده از دنباله‌ی سطر اول جمع کنیم. اعداد دنباله‌ی حسابی ردیف اول، لگاریتم اعداد نظیرشان در دنباله‌ی ردیف دوم هستند.

### جدول (۳)

لگاریتم:  $x$     ۰    ۱    ۲    ۳    ۴    ۵    ۶    ۷    ۸    ۹    ۱۰    ...

اعداد:  $y$     ۱    ۲    ۴    ۸    ۱۶    ۳۲    ۶۴    ۱۲۸    ۲۵۶    ۵۱۲    ۱۰۲۴    ...

اعداد دنباله‌ی هندسی را می‌توانیم به صورت توان‌هایی از ۲ بنویسیم:

لگاریتم:  $x$     ۰    ۱    ۲    ۳    ۴    ۵    ۶    ۷    ۸    ۹    ۱۰    ...

اعداد:  $y$     ۲<sup>۰</sup>    ۲<sup>۱</sup>    ۲<sup>۲</sup>    ۲<sup>۳</sup>    ۲<sup>۴</sup>    ۲<sup>۵</sup>    ۲<sup>۶</sup>    ۲<sup>۷</sup>    ۲<sup>۸</sup>    ۲<sup>۹</sup>    ۲<sup>۱۰</sup>

در واقع اعداد دنباله‌ی هندسی بالا، برابر با ۲ به توان‌های اعداد دنباله‌ی حسابی فوق هستند،

یعنی

$$y = 2^x \quad x = \log_2 y$$

و یا به بیانی دیگر، جمله‌های دنباله‌ی حسابی، لگاریتم جمله‌های متناظر خود در دنباله‌ی توان‌های دو (هندسی) هستند. یعنی  $y$  نماینده‌ی عدد در دنباله‌ی هندسی و  $x$  معرف لگاریتم آن در مبنای ۲ است.

مثال ۲:

$$\begin{array}{rcccccc} \text{اعداد} & ۱۶ & \times & ۳۲ & = & ۵۱۲ \\ & ۲ \times ۲ \times ۲ \times ۲ & \times & ۲ \times ۲ \times ۲ \times ۲ \times ۲ & = & ۲ \times ۲ \times ۲ \times ۲ \times ۲ \times ۲ \times ۲ \times ۲ \times ۲ \\ \text{لگاریتم} & ۴ & + & ۵ & = & ۹ \end{array}$$

### فعالیت ۳-۱

با استفاده از ماشین حساب، جدول لگاریتم در مبنای ۲ را تا ۲<sup>۲۶</sup> ادامه دهید. سپس به

سؤالات زیر پاسخ دهید:

حاصل ضرب‌های زیر را با مراجعه به جدول پیدا کنید. یک رابطه‌ی جمع نشان دهید که

حاصل را بدون ضرب کردن به دست دهد.

الف)  $۱۲۸ \times ۲۵۶$ :

ب)  $۱۰۲۴ \times ۲۰۴۸$ :

$$(پ) \quad 32 \times 131072 :$$

$$(ت) \quad 16 \times 512 \times 4096 :$$

از لگاریتم‌ها می‌توان برای به توان رساندن اعداد نیز استفاده کرد.

مثال ۳: باز هم دنباله‌ی توان‌های ۲ را در نظر بگیرید و به نمونه زیر توجه کنید:

$$\text{اعداد:} \quad 32 \times 32 \times 32 \times 32 = (32)^4 = 1048576$$

. . . . .

$$\text{لگاریتم:} \quad 5 + 5 + 5 + 5 = 4 \times 5 = 20$$

تمرین ۱: با استفاده از روش فوق و جدولی که خود تهیه کرده‌اید، حاصل

عبارت‌های زیر را به دست آورید:

$$(الف) \quad (256)^3 :$$

$$(ب) \quad (64)^5 :$$

$$(پ) \quad (1024) :$$

لگاریتم  $y$  در پایه‌ی ۲ عددی است که باید ۲ را به آن توان برسانیم تا  $y$  حاصل شود. یعنی تساوی یا معادله‌ی توانی را می‌توان به کمک لگاریتم تغییر شکل داد.

مثال ۴: اگر  $2^x = 32$ ، مقدار  $x$  را با توجه به تعریف لگاریتم پیدا کنید.

حل: با توجه به تعریف لگاریتم،

$$2^x = 32 \quad x = \log_2 32$$

با مراجعه به جدول (۳)، مقدار  $x$  برابر با ۵ است. در واقع،

$$2^x = 2^5$$

و چون پایه‌ها مساوی هستند پس نماها باهم برابرند یعنی  $x = 5$ .

جدول (۳) را می‌توان برای توان‌های هر عدد دیگری تهیه کرد و لگاریتم اعداد را در مبنای

(پایه‌های) مختلف حساب نمود. جدول (۴) لگاریتم اعداد در مبنای ۵ را نشان می‌دهد:

جدول (۴)

لگاریتم: x	۰	۱	۲	۳	۴	۵	...
اعداد: y	۱	۵	۲۵	۱۲۵	۶۲۵	۳۱۲۵	...

اعداد دنباله‌ی هندسی را می‌توانیم به صورت توان‌هایی از ۵ بنویسیم:

لگاریتم: x	۰	۱	۲	۳	۴	۵	...
اعداد: y	۵ <sup>۰</sup>	۵ <sup>۱</sup>	۵ <sup>۲</sup>	۵ <sup>۳</sup>	۵ <sup>۴</sup>	۵ <sup>۵</sup>	...

که اعداد دنباله‌ی هندسی بالا، برابر با ۵ به توان‌های اعداد دنباله‌ی حسابی فوق هستند یعنی

$$y = 5^x \quad x = \log_5 y$$

مثال ۵: با توجه به جدول (۴)،  $5^3 = 125$  که معادل است با:

$$\log_5 125 = 3$$

به طور کلی، لگاریتم  $y$  در پایه‌ی  $b$ ، عددی است که  $b$  باید به توان آن عدد برسد تا  $y$  حاصل شود:

$$\log_b y = x \quad b^x = y \quad ; \quad y > 0, \quad b > 0, \quad b \neq 1$$

تمرین

۱- تساوی‌های نمایی (توانی) را با استفاده از تعریف لگاریتم تغییر شکل دهید.

(الف)  $11^2 = 121$       (ب)  $2^{10} = 1024$

(پ)  $5^x = 625$       (ت)  $0/5^y = 0/25$

(ث)  $10^{-3} = 0/001$       (ج)  $a^y = 1000$

(چ)  $p^r = q$       (ح)  $7^3 = 343$

(خ)  $8^x = 4096$

۲- تساوی‌های زیر را به شکل نمایی (توانی) تبدیل کنید.

(الف)  $3 = \log_6 216$       (ب)  $0 = \log_9 1$

(پ)  $-2 = \log_{10} 0/01$       (ت)  $y = \log_7 8$

$$y = \log_b a \quad (\text{ج}) \qquad 5 = \log_5 3125 \quad (\text{ث})$$

۳- پایه‌ی (مبنا) لگاریتم‌های زیر را پیدا کنید.

$$\log_{\square} 36 = 2 \quad (\text{ب}) \qquad \log_{\square} 8 = 3 \quad (\text{الف})$$

$$\log_{\square} 25 = -2 \quad (\text{ت}) \qquad \log_{\square} 1 = -1 \quad (\text{پ})$$

$$\log_{\square} 1 = 0 \quad (\text{ج}) \qquad \log_{\square} 1 = 1 \quad (\text{ث})$$

۴- عددی را که لگاریتم آن داده شده است، پیدا کنید.

$$\log_4 \square = 4 \quad (\text{ب}) \qquad \log_{16} \square = 2 \quad (\text{الف})$$

$$\log_{10} \square = 9 \quad (\text{ت}) \qquad \log_3 \square = -1 \quad (\text{پ})$$

$$\log_5 \square = 4 \quad (\text{ج}) \qquad \log_{11} \square = 3 \quad (\text{ث})$$

۵- تساوی نمایی معادله‌های زیر را بنویسید و سپس مقدار  $y$  را تعیین کنید.

$$y = \log_{25} 625 \quad (\text{ب}) \qquad y = \log_2 64 \quad (\text{الف})$$

$$y = \log_3 81 \quad (\text{ت}) \qquad y = \log_{10} 10000 \quad (\text{پ})$$

۶- هریک از لگاریتم‌های زیر را تعیین کنید.

$$\log_{13} 169 = \square \quad (\text{ب}) \qquad \log_2 256 = \square \quad (\text{الف})$$

$$\log_9 59049 = \square \quad (\text{ت}) \qquad \log_{10} 1 = \square \quad (\text{پ})$$

$$\log_3 243 = \square \quad (\text{ج}) \qquad \log_7 343 = \square \quad (\text{ث})$$

## ۳-۲- لگاریتم اعشاری

با توجه به این که دستگاه شمارش ما دهدهی (اعشاری) است، جدول لگاریتم در مبنای  $10$  بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. در نتیجه تکیه این بخش بر لگاریتم اعشاری است.

$$x \text{ لگاریتم: } \dots \quad 10 \quad 9 \quad 8 \quad 7 \quad 6 \quad 5 \quad 4 \quad 3 \quad 2 \quad 1 \quad 0$$

$$y \text{ اعداد: } \dots \quad 10^{10} \quad 10^9 \quad 10^8 \quad 10^7 \quad 10^6 \quad 10^5 \quad 10^4 \quad 10^3 \quad 10^2 \quad 10^1 \quad 10^0$$

که رابطه‌ی  $y = 10^x$  با توجه به این دو دنباله نوشته می‌شود.

$y$  معرّف یک عدد و  $x$  معرف لگاریتم اعشاری (لگاریتم در مبنای  $10$ ) آن است. بین لگاریتم در مبنای  $10$  و دستگاه شمارش اعشاری ارتباط صریحی وجود دارد. مثلاً لگاریتم  $1,000,000,000$  برابر با  $9$  است زیرا  $10^9 = 1,000,000,000$  در ضمن، می‌دانیم که تعداد صفرهای حاصل ضرب دو

عددی که به صورت توان‌های ده هستند برابر تعداد صفرهای دو عدد است و نیاز به استفاده از لگاریتم‌ها برای محاسبه‌ی چنین حاصل ضرب‌هایی نیست. با این حال ارزش جدول بالا وقتی بارز می‌شود که اعداد، توان‌های صحیح ده نباشند. در این صورت، باید بتوانیم فاصله‌های خالی اعداد از  $10^0$  تا  $10^1$  را در ردیف سوم جدول (۵) پر کنیم.

جدول (۵)

لگاریتم: x	°	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	۱
اعداد: y	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
اعداد: y	$10^0$	$10^?$	$10^?$	$10^?$	$10^?$	$10^?$	$10^?$	$10^?$	$10^?$	$10^1$

با توجه به تعریف، لگاریتم‌های توان‌های صحیح  $10^0$  همان توان‌های صحیح  $10^0$  هستند. در نتیجه با توجه به روش نوشتن اعداد به صورت نماد علمی یعنی  $a \times 10^n$  با شرط  $10^0 < a < 10^1$ ، فقط به لگاریتم‌های اعداد بین ۱ و  $10^1$  نیاز داریم که این اعداد، همان توان‌های کسری  $10^0$  هستند.

۱-۲-۳- روشی برای رسیدن به لگاریتم اعشاری: یک الگوریتم

۱- یک عدد کوچک مثلاً  $10^1$  را انتخاب می‌کنیم که از یک بزرگ‌تر باشد اما نه خیلی بزرگ‌تر! و لیستی از توان‌های آن تهیه می‌کنیم:

$$1, 2, 3, \dots, 24, 25, \dots$$

اگر بخواهیم دو عدد  $a$  و  $b$  را در هم ضرب کنیم، هر کدام از آن‌ها را با یکی از توان‌های تقریب می‌زنیم. (نماد تقریباً است)

مثال ۶: اگر  $a = 10^8$  و  $b = 10^7$ ، آنگاه

$$a \cdot b = 10^8 \times 10^7 = 10^{8+7} = 10^{15}$$

که می‌توانیم برای پیدا کردن آن، به لیستی که تهیه کرده‌ایم، مراجعه کنیم.

مثال ۷: با توجه به مقادیر  $a$  و  $b$  در مثال ۶  $\frac{a}{b}$  را پیدا می‌کنیم

$$\frac{a}{b} = \frac{10^8}{10^7} = 10^{8-7} = 10^1$$

۱- اولین حرف الفبای یونانی که آلفا تلفظ می‌شود.

مثال ۸: با توجه به مقدار  $a$  در مثال ۶،  $a^{2^\circ}$  را به دست می آوریم

$$a^{2^\circ} \cdot (1^\circ)^{2^\circ} = 34^\circ$$

۲- برای هماهنگی این ایده با نماد معمولی اعشار، . را یک توان کسری از  $1^\circ$  انتخاب می کنیم.

مثال ۹: . را  $1^\circ \frac{1}{32}$  انتخاب می کنیم (چرا؟). پس فقط به لیستی شامل

$2^\circ, 3^\circ, \dots, 31^\circ$  نیاز داریم، زیرا  $1^\circ = 32^\circ$  . و ضرب اعداد در  $1^\circ$  و یا تقسیم آن ها بر  $1^\circ$  تنها با اضافه یا کم کردن صفر و یا حرکت دادن ممیز اعشاری انجام می گیرد. به عنوان مثال،  
 $3000 \times 10 = 30000$ ،  $3000 \div 10 = 300$  و  $10000 = 10000/10$  .

با این کار، می توانیم فاصله ی خالی بین  $1^\circ$  و  $1^\circ$  را در جدول (۵) پر کنیم.

## فعالیت ۳-۲

$$32^\circ = (1^\circ \frac{1}{32})^{32} = ?$$

و

$$16^\circ = (1^\circ \frac{1}{32})^{16} = ?$$

۳- برای به دست آوردن اعدادی که بین نقاط به دست آمده توسط خودمان قرار می گیرند، یا از ماشین حساب معمولی استفاده می کنیم و یا مقدار تقریبی آن ها را از روی نمودار به دست

می آوریم. عدد  $1^\circ$  را در ماشین حساب وارد می کنیم و سپس با پنج بار فشار دادن دکمه ی  $\sqrt{\quad}$

$1^\circ \frac{1}{32}$  را پیدا می کنیم زیرا

$$\sqrt{10} = 10^{\frac{1}{2}} = 3.162$$



$$\sqrt{\sqrt{1^{\circ}}} = \dots 1^{\circ \frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{2} = 1^{\circ \frac{1}{4}} \quad \text{یا} \quad \sqrt{1^{\circ \frac{1}{2}}} = 1^{\circ \frac{1}{4}} = 1/778$$

$$\sqrt{\sqrt{\sqrt{1^{\circ}}}} = \dots 1^{\circ \frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = ?$$

$$\sqrt{\sqrt{\sqrt{\sqrt{1^{\circ}}}}} = \dots 1^{\circ \frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = ?$$

$$\sqrt{\sqrt{\sqrt{\sqrt{\sqrt{1^{\circ}}}}}} = \dots 1^{\circ \frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = ?$$

با این اطلاعات، منحنی را رسم می‌کنیم. سپس با توجه به مقدار توان‌های کسری  $1^{\circ}$ ، مقادیر

می‌آوریم. برای خلاصه‌نویسی، توان‌های  $1^{\circ \frac{2}{32}}$ ،  $1^{\circ \frac{3}{32}}$ ، ...،  $1^{\circ \frac{31}{32}}$ ، را به وسیله‌ی ماشین حساب به دست می‌آوریم. برای خلاصه‌نویسی، توان‌های  $n$  را می‌نامیم و برای  $n = 32$ . جدول را تا سه رقم اعشار تکمیل می‌کنیم.

جدول (۶)

$\log: \frac{n}{32}$	$n = 1 \cdot \frac{n}{32}$	$\log: \frac{n}{32}$	$n = 1 \cdot \frac{n}{32}$	$\log: \frac{n}{32}$	$a^n = 1 \cdot \frac{n}{32}$
$\frac{1}{32} = 0/0312$	1/074	$\frac{12}{32} = 0/375$	2/371	$\frac{23}{32} = 0/718$	5/224
$\frac{2}{32} = 0/0625$	1/154	$\frac{13}{32} = 0/406$	2/546	$\frac{24}{32} = 0/750$	5/623
$\frac{3}{32} = 0/0937$	1/240	$\frac{14}{32} = 0/437$	2/735	$\frac{25}{32} = 0/781$	6
$\frac{4}{32} = 0/125$	1/333	$\frac{15}{32} = 0/468$	2/937	$\frac{26}{32} = 0/812$	6/039
$\frac{5}{32} = 0/156$	1/432	$\frac{16}{32} = 0/500$	3	$\frac{27}{32} = 0/843$	6/486
$\frac{6}{32} = 0/187$	1/538	$\frac{17}{32} = 0/531$	3/162	$\frac{28}{32} = 0/875$	6/966
$\frac{7}{32} = 0/218$	1/652	$\frac{18}{32} = 0/562$	3/396	$\frac{29}{32} = 0/906$	7
$\frac{8}{32} = 0/250$	1/778	$\frac{19}{32} = 0/593$	3/656	$\frac{30}{32} = 0/937$	7/498
$\frac{9}{32} = 0/281$	1/910	$\frac{20}{32} = 0/625$	3/917	$\frac{31}{32} = 0/968$	8
$\frac{10}{32} = 0/312$	1/051	$\frac{21}{32} = 0/656$	4	$\frac{32}{32} = 1$	8/649
$\frac{11}{32} = 0/343$	2/203	$\frac{22}{32} = 0/687$	4/217		9
			4/529		9/290
			4/864		10/000
			5		

$$\frac{965}{3200} \cdot 0/301$$

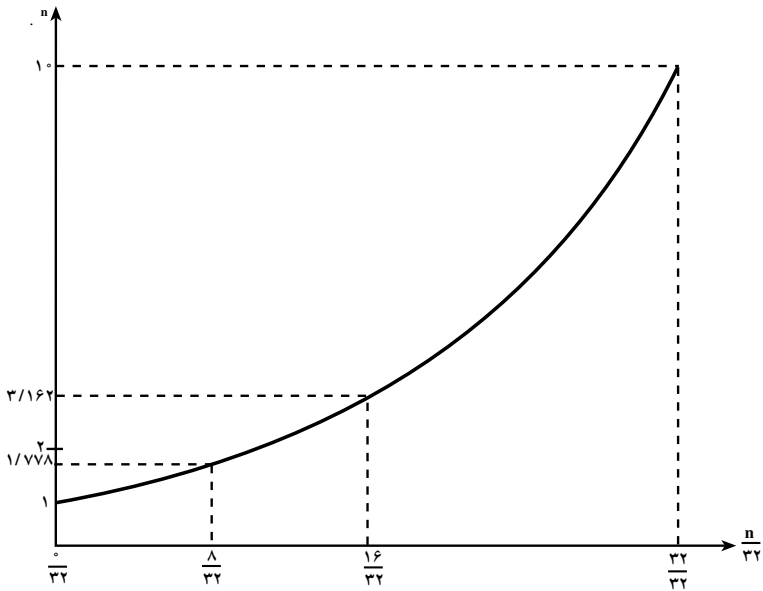
تمرین ۲: با توجه به جدول (۶)، درستی رابطه‌ی زیر را امتحان کنید:

$$\log(2 \times 3) = \log 2 + \log 3$$

با توجه به مقدارهای موجود در جدول (۶) نمودار زیر را رسم می‌کنیم.

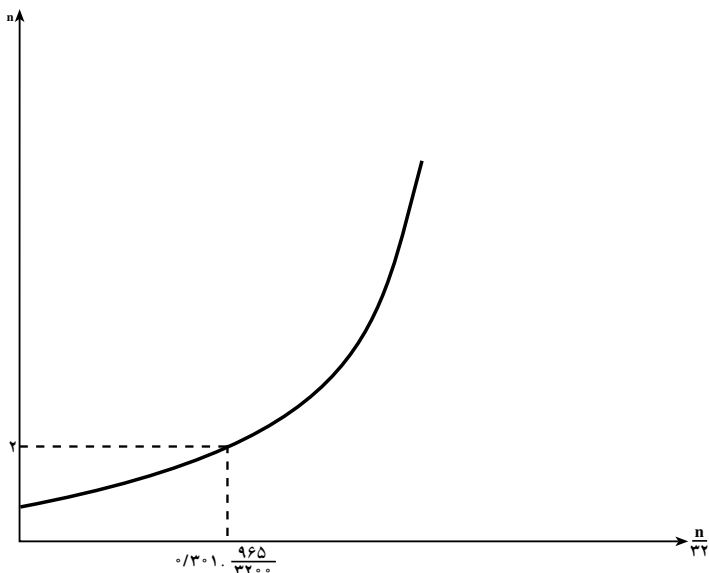
$$n = (1 \cdot \frac{1}{32})^n = 1 \cdot \frac{n}{32} \quad , \quad \dots \quad 32$$

۱- قرارداد می‌کنیم که مبنای ۱۰ را نویسیم.



مثال ۱۰: برای به دست آوردن لگاریتم ۲، مقدار ۲ را روی محور  $y$  ها پیدا می کنیم. آنگاه خطی موازی محور افقی رسم می کنیم تا نمودار را قطع نماید. سپس از نقطه‌ی تلاقی خطی به موازات محور عمودی رسم می کنیم تا محور  $x$  ها یعنی محور لگاریتم‌ها را در نقطه‌ای قطع کند. نقطه تلاقی با محور  $x$  ها همان لگاریتم ۲ یعنی  $\frac{965}{3200}$  است که برابر  $0/301$  است:

$$\log 2 = 0/301$$



در واقع، در مثال  $10^\circ$  با مراجعه به جدول (۶)، مقدار  $\log 2$  را با تقریب مطلوبی به دست آوردیم. یعنی، مقدار ۲ را در ستون  $n$ . جستجو کردیم. مقدار ۲ بین  $1/911$  و  $2/53$  و لگاریتم‌های معادل آن‌ها بین  $9/33$  و  $10/33$  بود. با این حال، چون ۲ نزدیک‌تر به  $2/53$  بود، در نتیجه مقدار لگاریتم آن‌ها نیز به  $9/33$  نزدیک‌تر بود. با چند بار آزمایش کردن، تقریب خوبی برای لگاریتم ۲ که همان  $0/301$  است به دست آوردیم. به همین ترتیب لگاریتم‌های ۳ الی ۹ را نیز به دست می‌آوریم، یعنی اعداد ۲ تا ۹ را برحسب توان‌های کسری  $10^\circ$  می‌نویسیم:

اعداد:	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
y اعداد:	$10^\circ$	$10^\circ/301$	$10^\circ/477$	$10^\circ/602$	$10^\circ/698$	$10^\circ/778$	$10^\circ/845$	$10^\circ/903$	$10^\circ/954$
x لگاریتم:	$0/301$	$0/477$	$0/602$	$0/698$	$0/778$	$0/845$	$0/903$	$0/954$	

### ۳-۳- لگاریتم و نماد علمی

برتری لگاریتم اعشاری نسبت به لگاریتم در مبنای مختلف ارتباط نزدیک آن با شیوه‌ی نوشتن اعداد به شکل نماد علمی است. جدول زیر با توجه به این ارتباط تهیه شده است که در آن ۲ به صورت توان کسری  $10^\circ/301$  یعنی  $10^\circ/301$  نوشته شده است.

جدول (۷)

اعداد به شکل اعشاری	اعداد به شکل نماد علمی	اعداد به صورت توان‌های کسری $10^\circ$		لگاریتم تقریبی اعداد
۲۰	$2 \times 10^1$	$10^\circ/301 \times 10^1$	$10^\circ/301$	$1/301$
۲۰۰	$2 \times 10^2$	$10^\circ/301 \times 10^2$	$10^\circ/301$	$2/301$
۲۰۰۰	$2 \times 10^3$	$10^\circ/301 \times 10^3$	$10^\circ/301$	$3/301$
۲۰۰۰۰	$2 \times 10^4$	$10^\circ/301 \times 10^4$	$10^\circ/301$	$4/301$

در صورت استفاده از ماشین حساب به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

نمایش دهنده	ترتیب عملیات
$4/301$	$20000$
	$\log$

### فعالیت ۳-۳

الف - با توجه به صفحه قبل، لگاریتم‌های زیر را به دست آورید.

۱-  $2,000,000,000$

۲-  $2 \times 10^{17}$

جدول (۸)

اعداد به شکل اعشاری	اعداد به شکل نماد علمی	اعداد به صورت توان‌های کسری $10^{\circ}$		لگاریتم اعداد
۵,۰۰۰	$5 \times 10^4$	$10^{\circ/699} \times 10^4$	$10^{4/699}$	$4/699$
۵۰۰,۰۰۰	$5 \times 10^5$	$10^{\circ/699} \times 10^5$	$10^{5/699}$	$5/699$
۵,۰۰۰,۰۰۰	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
۵۰,۰۰۰,۰۰۰	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ب - با توجه به جدول (۸) به قسمت‌های ۱، ۲ و ۳ پاسخ دهید:

۱- جدول (۸) را کامل کنید:

۲- چه عددی دارای لگاریتم  $17/699$  است؟

۳- چه عددی دارای لگاریتم  $28/699$  است؟

تمرین ۳: جدول (۹) را با مراجعه به جدول (۶) یا مستقیماً به وسیله ماشین حساب کامل

کنید:

اگر لگاریتم عدد را داشته باشیم و بخواهیم خود عدد را به وسیله ماشین حساب پیدا کنیم،

به ترتیب زیر عمل می‌نماییم:

نمایش	ترتیب عملیات
$7/998$	$0.9031$ <input type="text" value="INV"/> <input type="text" value="log"/>

۱- Inverse به معنای معکوس تابع است.

در بعضی ماشین حساب‌ها، به جای دکمه‌ی INV از دکمه‌ی  $2ndF$  استفاده می‌کنند.

جدول (۹)

اعداد به شکل اعشاری	اعداد به شکل نماد علمی	اعداد به صورت توان‌های کسری $10^\circ$		لگاریتم اعداد
۱۲۱,۰۰۰	$1/21 \times 10^5$	$10^{-0.82} \times 10^5$	$10^{5-0.82}$	$5/0.82$
۱,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	$3/5 \times 10^1$	$10^{-0.544} \times 10^1$	$10^{1-0.544}$	$1/0.544$
<input type="checkbox"/>	$4 \times 10^0$	$10^{-0.602} \times 10^0$	$10^{0-0.602}$	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	$2/9.03$
<input type="checkbox"/>	$6/0.2 \times 10^{23}$	$10^{-0.778} \times 10^{23}$	$10^{23-0.778}$	$23/0.778$

\* این عدد به نام عدد آواگادرو معروف است که در شیمی استفاده‌ی زیادی دارد. عدد آواگادرو تعداد مولکول‌ها در ۱۸ گرم آب یا یک مولکول از هر ماده است.

با توجه به مثال‌ها و تمرین‌های بالا، دیدیم که با وجود نماد علمی و با به‌دست آوردن توان‌های اعشاری  $10^\circ$  یعنی با پرکردن فاصله‌ی بین  $10^\circ$  تا  $10^1$  جدول (۶) می‌توانیم لگاریتم تمام اعداد را به‌دست آوریم. قسمت صحیح لگاریتم، توان‌های ده‌اعدادی هستند که به شکل نماد علمی نوشته شده‌اند. قسمت کسری لگاریتم را می‌توان با مراجعه به جدول (که طریق به‌دست آوردن آن را دیدیم) پیدا کنیم. در ضمن چون قسمت غیرتوانی نماد علمی همیشه کمتر از  $10^\circ$  است، در نتیجه به جدول لگاریتم برای اعداد بزرگ‌تر از  $10^\circ$  نیازی نداریم.

این جدول، جدولی از اعداد لگاریتمی است که در کتاب «مباحث حسابی» اثر هنری بریگز (Henry Briggs) در سال ۱۶۲۴ میلادی منتشر شد. این جدول شامل اعدادی است که از ۱ تا ۱۰۰۰۰۰ در دست حک شده بود. در این تصویر، تنها بخش کوچکی از این جدول بزرگ نمایش داده شده است. هر سطر شامل دو ستون اعداد است که به ترتیب اعداد اصلی و لگاریتم آن‌ها هستند. در سمت چپ جدول، عبارت «این جدول از اعداد لگاریتمی است» به صورت عمودی درج شده است.

ریاضیدان انگلیسی قرن هفدهم، هنری بریگز<sup>۱</sup> مبنای اعشاری را برای لگاریتم پیشنهاد داد و اولین جدول لگاریتم اعشاری را تهیه کرد. پس از آن، امپراطور چین در سال ۱۷۱۳ دستور داد که کتابی را بر چوب حک کرده، منتشر کنند که در آن کتاب لگاریتم اعداد از ۱ تا ۱۰۰۰۰۰ با دست حک شده بود.

۱- Henry Briggs





### ۳-۵- اثبات روابط لگاریتمی

بنابر تعریف لگاریتم

$$10^x = y \quad x = \log_{10} y$$

اثبات قضیه‌ی حاصل ضرب را قبلاً به طور تجربی در تمرین ۲ و در جدول‌های (۸) و (۹) دیدیم. حال با استفاده از تعریف لگاریتم که درستی آن را پذیرفته‌ایم، به وسیله‌ی استدلال استنتاجی، قضیه‌ی حاصل ضرب را به طور دقیق اثبات می‌کنیم.

**قضیه‌ی ۱:** برای هر دو عدد حقیقی و مثبت  $a$  و  $b$ ,

$$\log_{10} ab = \log_{10} a + \log_{10} b$$

**اثبات:** اگر  $\log_{10} a = x_1$  و  $\log_{10} b = x_2$  آنگاه:

$$a = 10^{x_1} \quad (1) \quad \text{و} \quad b = 10^{x_2} \quad (2)$$

از ضرب دو رابطه‌ی (۱) و (۲) به دست می‌آوریم:

$$ab = 10^{x_1} \times 10^{x_2} = 10^{x_1 + x_2}$$

با توجه به تعریف لگاریتم

$$\log_{10} ab = x_1 + x_2$$

از رابطه‌ی (۱) و (۲) مقادیر  $x_1$  و  $x_2$  را جایگزین می‌کنیم

$$\log ab = \log a + \log b$$

و حکم ثابت می‌شود.

**قضیه‌ی ۲:** نشان دهید که برای  $a > 0$ ،  $\log a^n = n \log a$ .

**اثبات:** این قضیه در واقع تعمیم قضیه‌ی ۱ است زیرا:

$$\log a^n = \log \underbrace{a \cdot a \cdot a \cdot \dots \cdot a}_n = \underbrace{\log a + \log a + \dots + \log a}_n$$

در نتیجه

$$\log a^n = n \log a$$

**تمرین ۴:** با استفاده از استقرای ریاضی، قضیه‌ی ۲ را اثبات کنید.

**تمرین ۵:** ثابت کنید برای هر دو عدد حقیقی و مثبت  $a$  و  $b$ ,

$$\log\left(\frac{a}{b}\right) = \log a - \log b$$

۱- این قضیه برای هر دو عدد حقیقی برقرار است اما در این جا اثبات محدود به توان‌های صحیح مثبت است.

مثال ۱۰: با استفاده از قضیه‌ی ۱، مقدار  $\log 5 + \log 20$  را محاسبه می‌کنیم.

حل:  $\log a + \log b = \log ab$

پس  $\log 5 + \log 20 = \log 5 \times 20 = \log 100 = 2$

تمرین ۶: به طور کلی، قضیه‌های ۱ و ۲ برای لگاریتم در هر مبنایی درست است. دلیل درستی را بررسی کنید.

سه قضیه‌ی زیر، محاسبات با لگاریتم را آسان می‌کنند.

قضیه‌ی ۳:  $\log_c(ab) = \log_c a + \log_c b$

قضیه‌ی ۴:  $\log_c a^n = n \log_c a$

قضیه‌ی ۵:  $\log_c\left(\frac{a}{b}\right) = \log_c a - \log_c b$

مثال ۱۱: با استفاده از سه قضیه‌ی فوق، رابطه‌ی  $\log\left(\frac{x^2 y}{z}\right)$  را تبدیل کنید.

حل:

طبق قضیه‌ی ۳ داریم

(۱)  $\log\left(\frac{x^2 y}{z}\right) = \log(x^2 y) - \log z$

طبق قضیه‌ی ۱

(۲)  $\log(x^2 y) = \log x^2 + \log y$

طبق قضیه‌ی ۲

(۳)  $\log x^2 = 2 \log x$

با جایگزینی (۳) و (۲) در (۱) نتیجه می‌شود که

$\log\left(\frac{x^2 y}{z}\right) = 2 \log x + \log y - \log z$

مثال ۱۲: عبارت  $\log(\sqrt[3]{a} \sqrt{b})$  را تبدیل کنید.

حل:

$\log(\sqrt[3]{a} \sqrt{b}) = \log(a^{\frac{1}{3}} b^{\frac{1}{2}})$

طبق قضیه‌ی ۱:  $= \log a^{\frac{1}{3}} + \log b^{\frac{1}{2}}$

طبق قضیه‌ی ۲:  $= \frac{1}{3} \log a + \frac{1}{2} \log b$

مثال ۱۳: لگاریتم‌های زیر را به یک لگاریتم تبدیل کنید:

$$A = \log \sqrt{P} - \log \sqrt{4P} + \log\left(\frac{1}{4} P^2\right) + \log 4$$

$$A = \log\left(\frac{\sqrt{P} \cdot \frac{1}{4} P^2 \cdot 4}{\sqrt{4P}}\right) \quad \text{حل: طبق قضیه ی ۳:}$$

$$A = \log\left(\frac{P^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{4} P^2 \cdot 4}{2P^{\frac{1}{2}}}\right)$$

$$A = \log\left(\frac{1}{4} P^2 \cdot 4\right)$$

$$A = \log P^2$$

مثال ۱۴: معادله‌ی زیر را با شرط  $q > 0$  و برای  $x$  حل کنید:

$$\log x - \frac{1}{4} \log(pq) = -\frac{1}{4} \log(p/q)$$

$$\log x - \frac{1}{4} \log p - \frac{1}{4} \log q = -\frac{1}{4} \log p + \frac{1}{4} \log q \quad \text{حل:}$$

$$\log x = \frac{1}{4} \log q + \frac{1}{4} \log q = \log q$$

در نتیجه

$$x = q$$

به دلیل راحت‌تر بودن محاسبات با لگاریتم اعشاری (دهدهی) می‌توانیم لگاریتم در مبنای ۱۰ بکنیم. دیگر را تبدیل به لگاریتم اعشاری (لگاریتم در مبنای ۱۰) بکنیم.

$$\text{قضیه ی ۶: اگر } x > 0 \text{ آنگاه } \log_a x = \frac{\log x}{\log a}$$

اثبات:  $\log_a x$  را مساوی  $y$  قرار می‌دهیم

$$\log_a x = y \quad (۴)$$

$$a^y = x$$

طبق تعریف لگاریتم اگر  $a = b$  آنگاه  $\log a = \log b$  در نتیجه

$$\log(a^y) = \log x$$

$$y \log a = \log x \quad (5)$$

چون به دنبال  $y = \log_a x$  هستیم، پس (5) را بر حسب  $y$  می نویسیم

$$y = \frac{\log x}{\log a}$$

و از (4) مقدار  $y$  را جایگزین می کنیم

$$\log_a x = \frac{\log x}{\log a}$$

و اثبات کامل می شود.

مثال ۱۵:  $\log_3 17 = \frac{\log 17}{\log 3}$  . با استفاده از ماشین حساب، این مقدار را محاسبه می کنیم:

نمایش	ترتیب عملیات
۲/۵۷۸	17 [log] [÷] 3 [log] [=]

## مسائل

۱- با استفاده از سه قضیه ی ۳، ۴ و ۵، عبارات زیر را تبدیل کنید:

$$\log(a^3 b^5) \quad \text{(الف)}$$

$$\log[(a+b)(a-b)] \quad \text{(ب)}$$

$$\log(mr^{-2}) \quad \text{(پ)}$$

$$\log\left(\frac{1}{a^2 b^3 c^4}\right) \quad \text{(ت)}$$

$$\log \sqrt[3]{\frac{a^2 b}{c^2}} \quad \text{(ث)}$$

$$\log(\sqrt[3]{a}\sqrt[4]{b}\sqrt[5]{c}) \quad \text{ج}$$

$$\log\left(\frac{\sqrt[3]{a^2}}{\sqrt{b}\sqrt[4]{a^3}}\right) \quad \text{ج}$$

$$\log\left(\frac{a^2}{b^3c}\right) \quad \text{ح}$$

۲- به یک لگاریتم تبدیل کنید :

$$5 \log a - 2 \log b + 3 \log c \quad \text{الف}$$

$$\frac{1}{4} \log(ab) - \frac{3}{5} \log(a^2b) \quad \text{ب}$$

$$2 \log(x+y) - 3 \log(x-y) \quad \text{پ}$$

$$\log pq - \log 2q \quad \text{ت}$$

۳- معادلات لگاریتمی زیر را برای متغیر x حل کنید :

$$\log 27 = 3 \log x \quad \text{الف}$$

$$\log x + 2 \log 4 = 2 \log 12 \quad \text{ب}$$

$$\log(p-q) = \log(p^2 - q^2) - \frac{1}{4} \log x \quad \text{پ}$$

### ۳-۶ کاربردهای لگاریتم: مقیاس سنجش زلزله و صدا

در سال ۱۳۶۹، زلزله‌ی شدیدی در شهر رودبار ایران به وقوع پیوست که متأسفانه باعث تلفات جانی بسیاری شد. مرکز زلزله شناسی دانشگاه تهران، شدت زلزله را بین ۷/۲ تا ۷/۶ ریشتر<sup>۱</sup> اعلام کرد.

اصولاً وقتی که رسانه‌ها خبر وقوع زلزله‌هایی با قدرت بیش از ۵ ریشتر را گزارش می‌کنند،

<sup>۱</sup> - Richter

مردم هراسان شده، نگران تلفات احتمالی آن می‌گردند. این در حالی است که اخبار وقوع زلزله‌هایی با قدرت ۳/۵ الی ۴ ریشتر خیلی نگران‌کننده نیستند، زیرا قدرت تخریبی آن‌ها پایین است. چرا؟ چگونه اختلاف بین ۳/۵ تا ۷/۲ باعث بالا بردن قدرت تخریب تا این اندازه می‌شود؟ به طور طبیعی، این سؤال پیش می‌آید که واحد سنجش شدت زلزله چه ماهیتی دارد که افزایش چند واحد آن این‌گونه قدرت تخریب را بالا می‌برد؟

جالب است بدانید که مقیاس ریشتر که برای تعیین شدت زلزله به کار برده می‌شود، بیانگر این است که با افزایش هر واحد ریشتر، قدرت تخریب ده برابر می‌شود. به عنوان مثال، زلزله‌ای با قدرت ۶ ریشتر ده بار شدیدتر از زلزله‌ای با قدرت ۵ ریشتر و ۱۰۰ بار شدیدتر از زلزله‌ای با قدرت ۴ ریشتر است.

### فعالیت ۳-۴

الف - اگر برای زلزله‌ای با شدت ۴ ریشتر، شدت نسبی یک واحد را در نظر بگیریم، جدول زیر را کامل کنید:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	۱۰	۱	شدت نسبی
۹	۸	۷	۶	۵	۴	واحد ریشتر

- ۱- چگونه شدت نسبی و واحد ریشتر از لحاظ شدت قابل مقایسه هستند؟
  - ۲- چگونه زلزله‌ای با قدرت ۹ ریشتر با زلزله‌ای با قدرت ۷ ریشتر قابل مقایسه است؟  
حتماً متوجه شدید که اعداد مقیاس ریشتر لگاریتمی هستند!
  - ب- با دانستن اینکه اعداد مقیاس ریشتر لگاریتمی هستند، به سؤال‌های زیر پاسخ دهید:
    - ۱- لگاریتم چه عددی صفر است؟
    - ۲- بعید است که زلزله‌ای با قدرت ۲ ریشتر احساس شود. لگاریتم چه عددی ۲ است؟
    - ۳- زلزله‌ای با قدرت ۷/۲۵ ریشتر اگر در نزدیکی محل پرجمعیتی اتفاق بیفتد فاجعه‌آمیز است. لگاریتم چه عددی ۷/۲۵ است؟
- به نکته‌ای که در مجله‌ی دانستنی‌ها شماره‌ی ۱۰ سال شانزدهم - اردیبهشت ۱۳۷۴ نوشته

شده است دقت کنید :

زراخانه‌ی نیروهای طبیعی...  
زمین لرزه = ۵۰۰۰۰۰ بمب اتمی

زمین لرزه‌ای به قدرت ۱۰  
درجه در مقیاس ریشتر، معادل ۱۰  
میلیارد تن انفجار تی.ان. تی انرژی  
آزاد می‌کند. بمب هیروشیما معادل  
۲۰۰۰۰ تن تی.ان. تی بود. به ناحق  
زمین لرزه‌ها را تخریب‌کننده‌ترین  
پدیده‌های طبیعی به شمار می‌آورند.  
آمار نشان می‌دهند که گردبادها و  
طوفان‌ها و سیل‌ها، خسارات مالی و  
جانی سنگین‌تری به بار می‌آورند.

## تمرین

۱- اولین فیلم انیمیشن در تاریخ سینما، فیلم سفیدبرفی و هفت کوتوله بود. مدت زمان فیلم ۸۲ دقیقه بود و همچنان که در مورد فیلم‌های انیمیشن مدرن صحت دارد، در هر ثانیه، ۲۴ تصویر و مجموع تعداد تصویرهایی که بر پرده ظاهر شد، ۲۴۰۰۰ بود.  
با استفاده از لگاریتم، تعداد تقریبی تصویرهایی را که در فیلم سفیدبرفی و هفت کوتوله به کار برده شده بود پیدا کنید.

۲- ۲ در یک سال، تقریباً  $۱۰^۵ \cdot ۴/۲$  کیلوگرم گیاه در زیر هر کیلومتر مربع از سطح اقیانوس می‌روید. همچنان که حدود  $۱۰^۸ \cdot ۳/۶$  کیلومتر مربع زمین نیز به وسیله‌ی اقیانوس پوشیده شده است. با استفاده از لگاریتم، وزن تقریبی گیاههایی را که در اقیانوس‌های سطح کره‌ی زمین در یک سال می‌رویند مشخص کنید و مراحل کار خود را یادداشت کنید.

۳- ۶- ۱- مقیاس ریشتر: مقدار انرژی آزاد شده برحسب ژول که توسط مهیب‌ترین زلزله‌های دنیا تا به حال ثبت شده است، حدود  $۱۰^۰$  میلیارد برابر انرژی آزاد شده توسط زلزله‌ی خفیفی است که به سختی قابل احساس است. در طی  $۱۵^۰$  سال گذشته، افراد از کشورهای

۱ و ۲- این دو مسأله از کتاب زاکوب، ۱۹۸۲ صفحه ۲۱۶ گرفته شده است.

مختلف، مقیاس‌های متفاوتی برای اندازه‌گیری و مقایسه‌ی قدرت زلزله تهیه کرده‌اند. در سال ۱۹۳۵، چارلز ریشر، زلزله‌شناس آمریکایی، یک مقیاس لگاریتمی برای سنجش قدرت زلزله تهیه کرد که هنوز مورد استفاده است و به دلیل اهمیت، به نام خود او معروف گشته است. زلزله‌ای با قدرت کمتر از  $4/4^{\circ}$  ریشر قابل احساس نیست. انرژی آزاد شده توسط زلزله‌ای با قدرت بسیار کم به عنوان مبنای استاندارد مقایسه برای سنجش قدرت زلزله‌ها در نظر گرفته شده است که برابر است با

$${}^1 E_0 = 10^{4/4}$$

آنگاه قدرت زلزله از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$${}^2 M = \frac{2}{3} \log \frac{E}{E_0}$$

جدول (۱۱)

قدرت تخریب	قدرت زلزله در مقیاس ریشر
ضعیف	M. ۴/۵
متوسط	۴/۵. M. ۵/۵
زیاد	۵/۵. M. ۶/۵
بسیار زیاد	۶/۵. M. ۷/۵
بزرگ‌ترین	M. ۷/۵

که در آن  $E$  انرژی آزاد شده به وسیله‌ی زلزله، برحسب ژول است. جدول (۱۱) قدرت تخریب زلزله‌های مختلف را در مقیاس ریشر نشان می‌دهد:

مثال ۱۶: زلزله‌ی سال ۱۹۰۶ سانفرانسیسکو در حدود  $5/96 \times 10^{16}$  ژول انرژی آزاد کرد. زلزله آن چنان شدید بود که حتی خیابان‌های شهر را نابود کرد، طوری که عملاً، شهر سانفرانسیسکو از نو ساخته شد. قدرت زلزله در مقیاس ریشر چقدر بود؟

حل: از رابطه‌ی  $M = \frac{2}{3} \log \frac{E}{E_0}$  استفاده می‌کنیم و  $M$  را حساب می‌کنیم

$$M = \frac{2}{3} \log \frac{5/96 \times 10^{16}}{10^{4/4}}$$



$$\begin{aligned}
 &= \frac{2}{3} \log(5/96 \times 10^{11/6}) \\
 &= \frac{2}{3} (\log 5/96 + \log 10^{11/6}) \\
 &= \frac{2}{3} (0.775 + 11/6)
 \end{aligned}$$

$$M = 8/25$$

مثال ۱۷: شدت زلزله‌ی سال ۱۳۶۹ رودبار ۷/۲ الی ۷/۶ ریشتر گزارش شد. مقدار تقریبی انرژی آزاد شده بر حسب ژول را پیدا کنید.

$$M = \frac{2}{3} \log \frac{E}{E_0}$$

حل:

که در آن  $M = 7/2$ ،  $E_0 = 10^{4/4}$  و  $E$  مجهول است. بنابراین

$$\begin{aligned}
 7/2 &= \frac{2}{3} \log \frac{E}{10^{4/4}} \\
 &= \frac{2}{3} (\log E - \log 10^{4/4}) \\
 &= \frac{2}{3} (\log E - 4/4) \\
 &= \frac{2}{3} \log E - \frac{2}{3} \times 4/4 \\
 7/2 &= \frac{2}{3} \log E - 2/933 \quad \text{و}
 \end{aligned}$$

یا

$$\frac{2}{3} \log E = 7/2 + 2/933 = 10/13,$$

و در نتیجه

$$\log E = \frac{10/13}{\frac{2}{3}} = 15/2,$$

برای محاسبه‌ی  $E$  یا از دکمه‌ی  $y^x$  ماشین حساب استفاده کنید که چون

$$E = 10^{15/2}$$

$$E = 1/584 \times 10^{15}$$

یا از تابع عکس لگاریتم استفاده کنید :

ترتیب عملیات	نشان دهنده
$15/2$   INV   log	$1/584 \times 10^{15}$

مقدار E را می‌توانیم با مراجعه به جدول لگاریتم به دست آوریم

$$E = 10^{15/2} = 10^{15} \times 10^{0/2}$$

و در جدول به دنبال عددی می‌گردیم که لگاریتم آن  $0/2$  است که مقدار تقریبی آن عدد  $1/584$  است، یعنی

$$E = 1/584 \times 10^{15}$$

تمرین ۷: همین مثال را با فرض اینکه شدت زلزله‌ی رودبار  $7/6$  ریشتر باشد، انجام دهید.

**۳-۶-۲- شدت صدا:** گوش انسان قادر به شنیدن صداهایی با شدت‌های غیر قابل تصور است. بلندترین صدایی که گوش یک انسان سالم (بدون صدمه رسیدن به پرده‌ی گوش) قادر به شنیدن آن است، شدتی معادل یک تریلیون ( $10^{12}$ ) برابر شدت کوتاه‌ترین صدایی که همان انسان می‌تواند بشنود دارد. مقیاس دسی بل<sup>۲</sup> نیز یک مقیاس لگاریتمی برای سنجش شدت صدا است که به احترام الکساندر گراهام بل، مخترع تلفن (۱۹۲۲-۱۸۴۷)، به نام او نامگذاری شده است. مقیاس دسی بل چنین تعریف می‌شود

$$D = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$$

که در آن D برابر سطح دسی بل صدا، I نشان دهنده‌ی شدت صدا بر حسب وات در هر مترمربع  $(\frac{W}{m^2})$  و  $I_0$  شدت کمترین صدای قابل شنیدن توسط یک انسان نسبتاً سالم و جوان است. مقدار استاندارد شده‌ی  $I_0$  برابر  $10^{-12}$  وات در هر مترمربع است. جدول (۱۲) شدت بعضی از صداهای آشنا را نشان می‌دهد.

۱- در بعضی ماشین حساب‌ها به جای دکمه‌ی INV از دکمه‌ی 2ndF استفاده می‌شود.

جدول (۱۲)

شدت صدا $\frac{W}{m^2}$	منبع صدا
$1/0 \times 10^{-12}$	در آستانه‌ی شنیدن
$5/2 \times 10^{-10}$	نجوا
$3/2 \times 10^{-6}$	مکالمه‌ی معمولی
$8/5 \times 10^{-4}$	ترافیک سنگین
$3/2 \times 10^{-3}$	مته‌ی سوراخ کردن سنگ
$10 \times 10^0$	در آستانه‌ی درد
$8/3 \times 10^2$	هواپیمای جت با موتور سوخت

مثال ۱۸: تعداد واحدهای دسی بل را که از صدای نجوا ماندنی با شدت  $5/2 \times 10^{-10}$  وات در هر مترمربع ایجاد می‌شود پیدا کنید.

حل:  $D$  را از فرمول  $D = 10 \log \frac{I}{I_0}$  حساب می‌کنیم:

$$\begin{aligned}
 D &= 10 \log \frac{5/2 \times 10^{-10}}{10^{-12}} \\
 &= 10 \log(5/2 \times 10^2) \\
 &= 10 (\log 5/2 + \log 10^2) \\
 &= 10 (0.716 + 2)
 \end{aligned}$$

$$D = 27/16 \quad \text{دسی بل}$$

### مقیاس لگاریتمی

چون لگاریتم هر عدد در مبنای به غیر از یک – افزایشی بسیار کندتر از خود آن عدد دارد، از لگاریتم‌ها برای ایجاد مقیاس‌های راحت‌تری برای مقایسه استفاده می‌شود.