

تست‌های آزمایشگاه بیوشیمی

(همراه با نکات دستگاهی و کنترل کیفی)



گردآوری و تألیف:

دکتر هیمن مرادی سردره
دکتر بهناز کریمی بابااحمدی
سیدعلیرضا مطهریان
اصغر حیدری فیروزجائی
دکتر داود ایل بیگی

عنوان و نام پدیدآور	تست‌های آزمایشگاه بیوشیمی (همراه با نکات دستگاهی و کنترل کیفی) // گردآوری و تالیف هیمن مرادی سردره... [و دیگران].
مشخصات نشر	تهران: انتشارات علمی سنا، ۱۴۰۴.
مشخصات ظاهری	۲۱۵ ص: مصور، جدول، نمودار.
شابک	978-600-488-477-8
وضعیت فهرست نویسی	فیفا
یادداشت	گردآوری و تالیف هیمن مرادی سردره، بهناز کریمی بابااحمدی، سیدعلیرضا مطهریان، اصغر حیدری فیروزجانی، داود ایل بیگی.
موضوع	زیست‌شیمی -- دستنامه‌های آزمایشگاهی Biochemistry -- Laboratory manuals
شناسه افزوده	مرادی سردره، هیمن، ۱۳۶۶ - گردآورنده
رده بندی کنگره	QD۵/۴۱۵
رده بندی دیویی	۵۷۲/۰۷۸
شماره کتابشناسی ملی	۱۰۳۶۱۰۰۲



ناشر	انتشارات علمی سنا
نام کتاب	تست‌های آزمایشگاه بیوشیمی (همراه با نکات دستگاهی و کنترل کیفی)
گردآوری و تالیف	دکتر هیمن مرادی سردره، دکتر بهناز کریمی بابااحمدی، سید علیرضا مطهریان، اصغر حیدری فیروزجانی، دکتر داود ایل بیگی
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۴۸۸-۴۷۷-۸
نوبت چاپ	اول - ۱۴۰۴
صفحه‌آرایی	واحد تولید انتشارات سنا
طراح جلد	صنم آفریگان
پست الکترونیک	elmisana@gmail.com
سایت انتشارات	sanabook.com
تیراژ	۱۰۰ نسخه
قیمت	برای مشاهده قیمت اسکن کنید



«شما می‌توانید کتاب‌های مؤسسه انتشاراتی علمی سنا را علاوه بر کتابفروشی‌های سراسر کشور، از نمایندگی‌های اختصاصی مؤسسه واقع در کلیه استان‌ها تهیه نمایید.»
آدرس نمایندگی‌ها در سایت sanapezeshki.com و یا انتهای کتاب درج شده است.
تلفن دفتر پخش: ۰۲۱ - ۶۶۵۷۴۳۴۵

مقدمه مؤلف

آزمایشگاه بخش مهمی از روش‌های تشخیص پزشکی است که اطلاعات عینی خود را به شرح حال ذهنی تر و معاینه فیزیکی بیمار اضافه می‌کند. مطالعات آزمایشگاهی بالینی فرآیند تشخیص پزشکی را به طرز بی‌اندازه‌ای پیشرفت داده است. تشخیص قطعی در حال حاضر زودتر و همچنین صحیح تر از گذشته انجام می‌شود. پزشک با مجموعه‌ای از آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌ها روبه‌رو می‌شود که می‌تواند روی خون، سرم، ادرار، پلاسما، مدفوع، اگزودا، ترانسودا، ترشحات یا سایر مایعات بیمار انجام شود.

مشکل این است که تست‌هایی انتخاب شود که بیشترین مقدار اطلاعات را به کارآمدترین روش و با کمترین هزینه ممکن ارائه دهند. این کتاب راهنما جهت غنی‌سازی و بازنویسی اطلاعات مربوط به آزمایشگاه در بخش بیوشیمی برای دانشجویان پزشکی و دانشجویان علوم آزمایشگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. امیدوارم این کتاب پیشنهادی به عنوان راهنمای مفید مورد پذیرش قرار گیرد تا از طریق آموزش از آزمایشگاه‌های پزشکی به گونه‌ای استفاده شود که مراقبت بهینه برای همه بیماران انجام شود.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۵	فصل ۱: سیستم قلبی عروقی
۱۹	فصل ۲: دستگاه تنفسی
۳۰	فصل ۳: سیستم کلیوی
۴۰	فصل ۴: تعادل اسید باز
۴۹	فصل ۵: دستگاه گوارش
۶۲	فصل ۶: کبد
۷۹	فصل ۷: سیستم غدد درون ریز (آندوکراین)
۹۷	فصل ۸: دیابت
۱۰۶	فصل ۹: سیستم عصبی مرکزی
۱۱۱	فصل ۱۰: سیستم مفصلی
۱۲۲	فصل ۱۱: بیماری‌های عفونی
۱۲۹	فصل ۱۲: تومور مارکرها
۱۳۶	فصل ۱۳: کنترل کیفی در بخش بیوشیمی
۱۵۹	فصل ۱۴: انواع تکنیک‌های آزمایشگاهی و دستگاه‌های رایج بیوشیمی

فصل ۱: سیستم قلبی عروقی

تعداد زیادی از اختلالات قلبی عروقی اساس بیوشیمیایی دارند. تشخیص سریع و دقیق مشکلات قلبی یک نیاز اساسی در بخش‌های اورژانس می‌باشد. در این فصل، ما در خصوص اختلالات اورژانسی رایج مانند انفارکتوس حاد میوکارد (AMI)، تب روماتیسمی، فشار خون بالا، نارسایی احتقانی قلب و شوک بحث کرده و اطلاعاتی در خصوص آنزیم‌های قلبی، اختلالات چربی، آنتی‌استرپتولیزین O و پروتئین واکنش گر C (CRP) ارائه می‌کنیم.

آنزیم‌های قلبی

■ لاکتات دهیدروژناز (LDH) و آلفا-هیدروکسی بوتیرات دهیدروژناز (HBDH)

آنزیم LDH در سلول‌های بسیاری از بافت‌ها به ویژه قلب، کبد، RBC، کلیه، عضلات اسکلتی، مغز و ریه یافت می‌شود. از آنجایی که LDH توزیع گسترده‌ای در بدن دارد، LDH تا یک شاخص اختصاصی برای یک بیماری یا نشان دهنده آسیب عضو خاص نیست. هنگامی که یک بیماری یا جراحت سلول‌های حاوی LDH را تحت تأثیر قرار می‌دهد، سلول‌ها لیز می‌شوند و LDH در جریان خون آزاد شده و میزان آن به سطحی بالاتر از حد نرمال افزایش می‌یابد. LDH معیاری برای LDH تام است. در واقع پنج نوع (ایزوانزیم)، LDH تام را تشکیل می‌دهند. LDH شامل ۵ پروتئین قابل جداسازی است که هر کدام از تترامرهای ۲ نوع زیر واحد H و M ساخته شده است.

جدول: پنج ایزوانزیم لاکتات دهیدروژناز (LDH)، ساختار، توزیع نسبی در سرم و فعالیت آنها				
ایزوانزیم	ساختار	درصد فعالیت در سرم	علل	سرعت در الکتروفورز
LDH1	HHHH	۳۰	عضله قلب، RBC، کلیه	سریعترین تحرک الکتروفوریتیک
LDH2	HHHM	۴۰	سیستم رتیکولواندوتلیال و قلب	↓
LDH3	HHMM	۲۰	ریه و سایر بافت‌ها	
LDH4	HMMM	۳	کلیه، جفت، پانکراس	
LDH5	MMMM	۷	کبد و عضله مخطط	کندترین تحرک الکتروفوریتیک

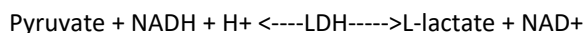
۵ ایزوانزیم را می‌توان با روش‌های کینتیک، الکتروفورز، کروماتوگرافی و ویژگی ایمنولوژیک تفکیک کرد.

شاخص

- ◀ مشکوک به انفارکتوس میوکارد
- ◀ انفارکتوس میوکارد
- ◀ مشکوک به آمبولی ریه
- ◀ تشخیص افتراقی زردی
- ◀ تشخیص آسیب اندام‌ها

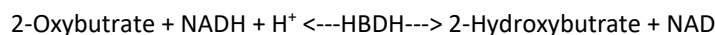
اصول واکنش LDH:

آنزیم LDH که NADH2 را کاتالیز می‌کند و به طور مستقل پیرووات را در حضور NAD به لاکتات احیا می‌کند.



اصول واکنش HBDH

این آنزیم واکنش احیای اکسی بوتیرات را در حضور NADH، هیدروکسی بوتیرات و NAD کاتالیز می‌کند. این روش کاملاً شبیه روش رنگ سنجی برای LDH است. فعالیت HBDH اساساً همراه با LDH1 (با سرعت حرکت بالا) مخصوص عضله قلب است. LDH1 در برابر هیدروکسی بوتیرات فعال است و می‌تواند به عنوان HBDH اندازه‌گیری شود.



مقدار نرمال

LDH بزرگسالان ۹۰-۵۰ u/l

HBDH بزرگسالان u/135-68

جدول: تشخیص افتراقی نسبت LDH/HBDH

علت	LDH/HBDH
عفونت، آمبولی ریه و بدخیمی	۱/۶۴ - ۱/۳۳
انفارکتوس میوکارد و همولیز	زیر ۱/۳۰
سیب کبدی	بالای ۱/۶۴

عوامل مداخله کننده

- ◀ همولیز خون سبب افزایش کاذب سطح LDH می شود زیرا LDH در RBC وجود دارد. لیز این سلول ها باعث می شود که LDH به داخل خون نمونه ریخته شود و میزان LDH به طور کاذب افزایش یابد.
- ◀ ورزش شدید ممکن است باعث افزایش LDH تام و به ویژه LDH1، LDH2 و LDH5 شود.
- ◀ داروهایی که ممکن است باعث افزایش سطح LDH شوند عبارتند از: داروهای بی حسی، آسپرین، کلوفیبرات، میترامایسین، مواد مخدر و پروکائین آمید.
- ◀ داروهایی که ممکن است باعث کاهش سطح LDH شوند عبارتند از آسکوربیک اسید.

نکات بالینی

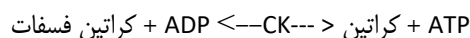
از آنجایی که LDH به طور گسترده در سراسر بدن وجود دارد، اندازه گیری LDH تام شاخص اختصاصی برای هیچ بیماری یا آسیب عضو خاصی نیست و ایزوآنزیم آن از نظر تشخیصی اختصاصی تر و مفیدتر است. هنگامی که LDH1 بیشتر از LDH2 باشد، احتمال آسیب به میوکارد قویاً تقویت می شود. این پدیده "Flipped LDH" نامیده می شود. افزایش ایزوآنزیم LDH5 معمولاً نشان دهنده آسیب یا بیماری سلول های کبدی است.

افزایش LDH سرم در موارد زیر رخ می دهد:

۱. انفارکتوس میوکارد: سبب افزایش LDH1 و به مقدار کمتر LDH2 می شود.
۲. آمبولی ریه: در ۶۰ درصد بیماران افزایش LDH3 و LDH4 رخ می دهد.
۳. بیماری کبد: LDH5.
۴. بیماری عضله اسکلتی: LDH5
۵. دیستروفی عضلانی پیش رونده (Duchenne): افزایش LDH2-3 و نه LDH5 عضله اسکلتی نرمال رخ می دهد.
۶. درماتومیوزیت، پلی میوزیت: افزایش LDH، CK و GOT رخ می دهد.
۷. کم خونی: در کم خونی همولیتیک داخل عروقی و کم خونی مگالوبلاستیک افزایش LDH1 و بیلی روبین و کاهش هاپتوگلوبین رخ می دهد.
۸. هموگلوبینوری حمله ای شبانه: افزایش LDH2 و LDH3 رخ می دهد.
۹. تومورهای بدخیم: LDH افزایش یافته و برای کنترل توده های تومور استفاده می شود.
۱۰. لنفوما: افزایش LDH3 و LDH2 رخ می دهد.

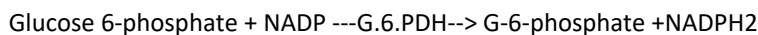
■ کراتین فسفوکیناز (CK)

CK عمدتاً در عضله قلب، عضلات اسکلتی و مغز یافت می شود. هنگامی که این عضلات یا سلول های عصبی آسیب می بینند، سطح CK سرم افزایش می یابد. سطح CK می تواند در عرض ۶ ساعت پس از آسیب افزایش یابد. اگر آسیب پایدار نباشد، سطح آن در ۱۸ ساعت پس از آسیب به اوج خود می رسد و ظرف مدت ۲ تا ۳ روز به حالت عادی باز می گردد. آنزیم CK، کراتین فسفات را در حضور ADP به کراتین و ATP تجزیه می کند.



CK یک گروه فسفات پرانرژی را از کراتین فسفات به آدنوزین دی فسفات (ADP) انتقال می دهد و کراتین و آدنوزین تری فسفات (ATP) را تشکیل می دهد. جهت سنجش فعالیت آنزیم CK، از مولکول ATP تشکیل شده جهت احیای مولکول NADP و تشکیل NADPH مطابق واکنش های زیر

استفاده می‌شود:



از اسپکتروفتومتری برای اندازه‌گیری افزایش جذب نوری در طول موج ۳۴۰ نانومتر و در زمان احیای NADPH به NADP استفاده می‌شود. میزان این واکنش احیا متناسب با افزایش فعالیت آنزیم کراتین کیناز است. عضله اسکلتی، عضله قلب و مغز منابع سرشاری از این آنزیم هستند.

ایزوآنزیم‌های CK

ایزوآنزیم CK-MB: در عضله قلبی یافت شده و افزایش آن در انفارکتوس حاد میوکارد و جراحی قلب مشاهده می‌شود. فعالیت آنزیم CK بین ۱۶۰۰-۱۶۰ u/l همراه با افزایش بیش از ۶ درصدی CK-MB در بیماران با انفارکتوس میوکارد یک نتیجه تشخیصی است.

ایزوآنزیم CK-MM: در عضله اسکلتی وجود دارد و در بیماری‌های آن افزایش می‌یابد.

ایزوآنزیم CK-BB: در مغز یافت می‌شود و در هیپوترمی بدخیم، اورمی، بیماری قلبی با آنوکسی مغزی و نکروز روده بزرگ مشاهده می‌شود.

ایزوآنزیم میتوکندریایی (Mi-ISOANZYME): در انفارکتوس میوکارد، سندرم ری، تومورهای بدخیم و بیماری‌های نکروز دهنده کبدی افزایش می‌یابد.

مقادیر طبیعی در زنان $> 100 \text{ u/l}$ ، در حالت پاتولوژیک $< 120 \text{ u/l}$

مقادیر طبیعی در مردان $> 159 \text{ u/l}$ ، پاتولوژیک $< 160 \text{ u/l}$

عوامل مداخله کننده

- ◀ تزریق IM (داخل عضلانی) می‌تواند باعث افزایش سطح CK شود.
- ◀ ورزش شدید و جراحی ممکن است باعث افزایش سطح آنزیم شوند.
- ◀ در اوایل بارداری ممکن است کاهش سطوح آنزیم دیده شود.
- ◀ داروهایی نظیر آمفوتریسین B، آمپی سیلین، برخی داروهای بیهوش کننده، ضد انعقادها، آسپرین، کلوپیرات، دگزامتازون، لازیکس، کاپتوپریل، کلشی سین، الکل، لوواستاتین، لیتیوم، لیدوکائین، پروپرانولول، سوکسینیل کولین و مورفین ممکن است باعث افزایش سطح آنزیم شوند.

نکات بالینی

- ۱- از تزریق IM که می‌تواند باعث افزایش سطح CK شود خودداری کنید.
- ۲- CK-MB هم در تعیین میزان انفارکتوس میوکارد و هم در تعیین زمان شروع انفارکتوس مفید است.
- ۳- ایزوآنزیم CK-MB اغلب برای تعیین اثربخشی ترومبولیتیک درمانی استفاده می‌شود. سطوح بالای آنزیم ممکن است نشان دهنده این باشد که انفارکتوس قابل توجهی قبلاً رخ داده است و اثربخشی ترومبولیتیک درمانی را رد می‌کند.

افزایش کراتین کیناز و CK-MB در بیماری‌های قلبی

- ۱- انفارکتوس میوکارد: $\text{CK} > 160 \text{ u/l}$ و $\text{CK-MB} > 6\%$ (در ۲۴ ساعت اول).
- ۲- شوک کاردیوژنیک: مانند انفارکتوس میوکارد اما افزایش CK-MB در ساعات اول رخ نمی‌دهد.
- ۳- میوکاردیت: افزایش CK و CK-MB با سایر علائم میوکاردیت رخ می‌دهد.
- ۴- بعد از عمل جراحی (OP قلب).
- ۵- دفیبریلاسیون قلبی

افزایش کراتین کیناز در عضلات اسکلتی (CK-MM)

۱. فعالیت بدنی (ورزشی)
۲. تزریق عضلانی
۳. جراحی‌ها
۴. ضربه‌های متعدد
۵. صرع (تشنج)
۶. آمبولی شریانی
۷. هیپوترمی بدخیم
۸. دیستروفی عضلانی دوشن
۹. میاستنی گراویس و دیستروفی میوتونیک. ۱۰. مسمومیت و الکلیسم.
۱۱. بیماری عفونی
۱۲. کم کاری تیروئید.

فصل ۱۴: انواع تکنیک‌های آزمایشگاهی و دستگاه‌های رایج بیوشیمی

دستگاه‌ها نقطه اصلی بیوشیمی بالینی است. بیشترین بخش آزمایشگاهی که وابسته به دستگاه‌ها و آنالیزورهای بزرگ خودکار می‌باشد، بخش بیوشیمی بالینی است. دستگاه‌های آزمایشگاهی از واکنش‌های شیمیایی مشابه در آزمایشگاه‌های بیوشیمی دستی و عمومی استفاده می‌کنند. انجام اتوماتیک آزمایشات با توجه به کنترل قابل اطمینان تر حجم، زمان، و آزمایش، باعث می‌شود تا نتایج با صحت و دقت بیشتری نسبت به روش دستی بدست آید. سیستم خودکار دارای دستگاه‌های آزمایشگاهی ساده، از جمله پیپت ها، الکترودها، و اسپکتروفتومترها می‌باشد. نتایج به دست آمده از آزمایشات بیوشیمی بالینی خودکار، به محاسبات انجام شده توسط دستگاه مربوط به رقیق ساز و تبدیل فتومتر به غلظت وابسته است. در این فصل تجربه اولیه مسئول بخش بیوشیمی بالینی آزمایشگاه توصیف می‌گردد. از آنجا که مسئول بخش بیوشیمی راه خود را از طریق اندازه گیری و آزمایش طی می‌کند، این فصل اصول اولیه آزمایش‌های بیوشیمی بالینی را معرفی خواهد کرد. همچنین در این فصل با اساس عملکرد دستگاه‌های اتوآنالایز و معرفی انواع دستگاه‌های اتوآنالایز موجود در ایران، آشنا خواهید شد.

تاریخچه اندازه گیری در آزمایشگاه

استفاده از آزمایش‌های بیوشیمیایی در پزشکی حدود ۱۰۰ سال پیش آغاز شد. یکی از اولین بیوشیمیدانان بالینی، دکتر اتو فولین، روش‌های آزمایشی کمی را برای آنالیت‌های ادرار از جمله اوره، آمونیاک، کراتینین، اسید اوریک، الکترولیت ها و اسیدپته توسعه داد. او همچنین آزمایش‌های اولیه خون را انجام داد که از جمله آمونیاک و کراتینین، با استفاده از روش Jaffe بودند. دکتر فولین جهت گسترش اهمیت بالینی عملکرد کلیه و آزمایشات متابولیک کمک کرد و اولین محدوده مرجع برای اسید اوریک، مواد نیتروژن دار غیر پروتئینی (NPN) و پروتئین خون را منتشر کرد. او به منظور توسعه روش‌های آزمایش گلوکز و پروتئین تام سرم در مایعات بدن کمک کرد.

ساخت رقت

هنگام رقیق کردن مقدار خاصی از محلول، فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

در این فرمول به ترتیب: C_1 غلظت اولیه، V_1 مقدار مورد نیاز؛ C_2 غلظت نهایی رقیق شده؛ V_2 حجم کل مورد نیاز از محلول رقیق کننده است. برای اعمال این فرمول واحدهای غلظت و حجم باید یکی باشند. ممکن است تبدیل واحد و حجم لازم باشد. در مشکل بالا: C_1 ۳۲ درصد، V_1 نامعلوم، C_2 ۱ درصد و V_2 ۵۰۰ میلی لیتر است و از آنجا که تمام واحدها مطابقت دارند، تبدیلی نیاز نیست.

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

$$32\% \times V_1 = 1\% \times 500 \text{ ml}$$

$$V_1 = 15.625 \text{ ml}$$

جدول: واحدهای متری و تبدیل ها

پیشوند واحد متری	عدد تبدیل
کیلو	۱۰۰۰
دکا	۱۰
دسی	۱/۰
سانتی	۰/۰۱
میلی	۰/۰۰۱
میکرو	1×10^{-6}
نانو	1×10^{-9}
پیکو	1×10^{-12}

آماده سازی محلول ها

محلول‌ها از یک حل شونده در یک حلال در مخلوطی همگن تشکیل شده اند. ماده حل شونده جرمی از عنصر مورد نظر است در حالی که حلال مایعی بی اثر نظر گرفته شده و واکنش پذیر نیست. غلظت یک محلول به طور کلی شامل جرم ماده حل شده در حجم معینی از حلال را می‌شود. برای انجام تبدیل محاسبات، حجم‌ها و جرم‌ها باید یک واحد داشته باشند. به عبارت دیگر، هنگام تعیین روش تهیه محلول کلرید کبالت، لیتر باید به میلی لیتر تبدیل شود. جداول زیر روابط بین واحدها و روابط بین حجم‌های مختلف را نشان می‌دهد.

جدول: ارتباط حجم‌ها

۱ کیلولیتر (kL)	۱۰۰۰ L	۱۰۰۰۰۰۰ mL
۱ لیتر (L)	۱۰۰۰ mL	۱۰۰۰۰۰۰ µL
۱ دسی لیتر (dL)	۱۰۰ mL	۱۰۰۰۰۰ µL
۱ میلی لیتر (mL)	۱۰۰۰ µL	۱۰۰۰۰۰۰ nL
۱ میکرولیتر (µL)	۱۰۰۰ nL	۱۰۰۰۰۰۰ pL

تبدیل حجم‌ها

اغلب لازم می‌شود که مقادیر حجمی را از یک واحد اندازه گیری به واحد دیگری تبدیل کنید. تبدیل معمول لیتر به دسی لیتر یک مثال است. دسی لیتر حاوی ۱۰۰ میلی لیتر و لیتر حاوی ۱۰۰۰ میلی لیتر است.

اجازه دهید تبدیل ۰/۳ لیتر به دسی لیتر را بررسی کنیم:

$$dL \text{ } 1 = 0/1 L$$

$$\frac{1 dL}{x dL} = \frac{0/1 dL}{0/3 dL}$$

$$dL \times x \times 0/1 L = 0/3 \times 1 dL$$

$$\frac{1 dL \times 0/3 L}{0/1 L} = x dL$$

$$3 dL = 0/3 L$$

روش سریع دیگری برای انجام این محاسبات، ضرب تعداد لیتر در ۱۰ برای تبدیل به دسی لیتر است و یا برای تبدیل دسی لیتر به لیتر تقسیم آن بر ۱۰ می‌باشد. به عنوان مثال، با استفاده از این راه، ۳/۰ لیتر را به دسی لیتر و بالعکس تبدیل کنید.

$$0/3 L \times 10 = 3 dL$$

بالعکس:

$$3 dL \div 10 = 0/3 L$$

تبدیل ۰/۷ میلی لیتر به میکرولیتر را تمرین کنید:

$$1 mL = 1000 \mu L$$

$$1 mL \div 1000 \mu L = 0/7 mL \div x \mu L$$

$$x \mu L = 700 \mu L$$

تبدیل جرم‌های مختلف به هم نیز به طور مشابه محاسبه می‌شود. جدول زیر روابط بین جرم‌های مختلف را نشان می‌دهد. اکنون ۰/۵۵ گرم را به میلی گرم تبدیل کنید.

$$1 g = 1000 mg$$

$$1 g \div 1000 mg = 0/55 g \div x mg$$

$$x mg = 550 mg$$

روش سریع دیگری برای انجام این محاسبات، ضرب تعداد گرم در ۱۰۰۰ برای تبدیل به میلی گرم است و یا برای تبدیل میلی گرم به گرم تقسیم آن بر ۱۰۰۰ می‌باشد.

جدول: ارتباط جرم‌ها

۱۰۰۰۰۰۰ mg	۱۰۰۰ g	۱ کیلوگرم (kg)
۱۰۰۰۰۰۰ µg	۱۰۰۰ mg	۱ گرم (g)
۱۰۰۰۰۰۰ µg	۱۰۰ mg	۱ دسی گرم (dg)
۱۰۰۰۰۰۰ ng	۱۰۰۰ µg	۱ میلی گرم (mg)
۱۰۰۰۰۰۰ pg	۱۰۰۰ ng	۱ میکروگرم (µg)

محاسبات برای آماده سازی غلظت‌های محلول

درصد (%) تعداد واحد در ۱۰۰ واحد است. چند نوع درصد غلظت معمول در آزمایشگاه بالینی استفاده می‌شود، از جمله درصد وزنی در حجم (%) w/v و درصد حجمی در حجم، که درصد حجمی در حجم v/v ، تعداد میلی لیتر موجود در هر ۱۰۰ میلی لیتر را می‌گویند و معمولاً برای توصیف قدرت الک، مانند ۱۰ درصد v/v اتانول استفاده می‌شود. درصد وزنی در حجم، تعداد گرم موجود در ۱۰۰ میلی لیتر است و معمولاً برای توصیف محلول نمکی، مانند ۰/۹ درصد w/v NaCl استفاده می‌شود. به ندرت، یک درصد با استفاده از جرم حل شونده و جرم حلال توصیف شده است. به عنوان مثال، درصد وزن در وزن (w/w %) تعداد گرم موجود در ۱۰۰ گرم است. در نهایت، خلوص اغلب برای توصیف یک محلول غلیظ استفاده می‌شود و این یک درصد ساده مانند تعداد واحدهای موجود در هر ۱۰۰ واحد است.

سیستم بین المللی واحدها (SI) در جهت قابل درک شدن مقادیر از یک آزمایشگاه به آزمایشگاه دیگر و از یک کشور به کشور دیگر استفاده می‌شود. واحدهای معمول SI شامل میکرومول در لیتر و مول در لیتر هستند. مولاریته تعداد مول به عنوان جرم مولکولی در گرم در هر لیتر از حلال بیان شده است. نام مختصر واحد مول بر لیتر است. به منظور تعیین جرم مولکولی، باید به فرمول مولکولی مراجعه کرده و جرم اتمی هر اتم در مولکول را باهم جمع کرد. به عنوان مثال، HCl دارای یک اتم هیدروژن و یک اتم کلر است. جرم اتمی (A.M.) هیدروژن ۱ و کلر ۳۵ است، به طوری که جرم مولکولی HCl، ۳۶ گرم است. بنابراین، ۱ مولار HCl حاوی ۳۶ گرم HCl در ۱ لیتر آب است.

غلظت‌های محلول دیگری که معمولاً استفاده می‌شود عبارتند از مولالیتیه و نرمالیتیه. مولالیتیه تعداد مول جرم مولکولی در گرم برای هر کیلوگرم از حلال است که با نام اختصاری مول بر کیلوگرم بیان می‌گردد. تعداد مولها از همان راه مولاریته برای مولالیتیه تعیین می‌شود. تنها تفاوت آن‌ها این است که به جای حجم در لیتر از جرم حلال استفاده می‌شود. به عنوان مثال، ۱ مولال محلول HCl حاوی ۳۶ گرم HCl در ۱ کیلوگرم آب است. نرمالیتیه معادل تعداد گرم وزن در هر لیتر از محلول است. وزن اکی والان را برای آن را در نظر می‌گیرند و ظرفیت مولکول در آن برای گروه‌های یونی قابل جدا شدن در محلول است. نرمالیتیه اغلب به صورت N یا به صورت Eq / L بیان می‌شود. به عنوان مثال، ۱ N از H_2SO_4 حاوی ۴۹ گرم از آن در ۱ لیتر آب است. این وزن از مجموع جرم مولکولی جرم اتمی اتم‌ها به میزان ۹۸ گرم تعیین شده است:

$$A.M.H = 1 \times 2, A.M.S = 32 \text{ و } A.M.O = 16 \times 4 = 64$$

$$2 + 32 + 64 = 98$$

در نرمالیتیه، ظرفیت سولفوریک اسید باید به صورت یون‌های جدا شامل ۱ یون سولفات و ۲ یون هیدروژن در نظر گرفته شود. ظرفیت، مقدار مطلق هر گروه یونی است و در سولفوریک اسید برابر ۲ می‌باشد. بنابراین وزن اکی والان سولفوریک اسید برابر خواهد بود با جرم مولکولی آن یعنی ۹۸ تقسیم بر ظرفیت آن یعنی ۲ که مقدار ۴۹ بدست می‌آید. پس ۱ نرمالیتیه از سولفوریک اسید معادل یک اکی والان است و حاوی ۴۹ گرم در یک لیتر آب می‌باشد.

تبدیل محلول‌ها

اغلب اوقات واحدهای محلول‌ها باید قبل از رقیق شدن یا استفاده بیشتر از آنها بهم تبدیل شوند. به عنوان مثال، برای تبدیل یک محلول به صورت گرم / دسی لیتر به مولاریته، باید دسی لیتر به لیتر و گرم به مولاریته تبدیل شوند. برای ادامه، باید گرم / دسی لیتر در ۱۰ ضرب گردد، از آنجا که در هر ۱ لیتر ۱۰ دسی لیتر وجود دارد. سپس باید بر جرم مولکولی تقسیم شود چرا که هر مول برابر با جرم مولکولی در گرم است. به این فرمول نگاه کنید و خواهید دانست که چگونه واحدها در این معادله به واحد مول بر لیتر تبدیل می‌شوند.