

پیشگفتار

پیشرفت سریع و رشد ناهم‌هنگ جمعیت و افزایش استفاده از منابع طبیعی که در اثر پیشرفت تکنولوژی در تمامی جوانب حاصل شده است، موجب تخریب محیط زیست گردیده است. در این میان افزایش تولیدات صنعتی که براساس نیاز افراد جامعه توسعه و تنوع بسیاری پیدا کرده است، پسابهای صنعتی را که حاصل این فرآیندها می باشد، ایجاد می کنند. این پسابها حاوی آلاینده های مختلفی می باشند که باعث آلودگی محیط زیست و اختلال در اکوسیستم زیست محیطی گردیده و حتی مشکلاتی را برای انسان بخاطر استفاده از مواد غذایی دریایی و محصولات کشاورزی که با اینگونه آبها آبیاری می شوند، بوجود می آورند.

فلزات سنگین از مهمترین آلاینده های فاضلابهای صنعتی می باشند. این در حالی است که بسیاری از این فلزات، حتی در غلظتهای کم نیز از ترکیبات سمی بشمار می آیند. فلزات سنگین خطرات مهمی را در زمینه بهداشت و سلامت عمومی ایجاد می کنند و بیماری های مختلفی از جمله بیماری های گوارشی، پوستی، کلیوی، تنفسی، کبدی، اسکلتی، مغز و اعصاب و حتی بیماری های ذهنی و صعب العلاج و بدون درمانی را در انسان بوجود می آورند.

امروزه با وجود آنکه قوانین زیادی از طرف سازمانها و موسسات مختلفی نظیر سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، سازمان بهداشت جهانی و همچنین سازمان حفاظت محیط زیست و موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران وضع گردیده است، اما عدم نظارت و کنترل مناسب در اجرای این قوانین و ضوابط موجب شده تا آلودگیهای ناشی از فلزات سنگین روند رو به رشدی داشته باشد و بررسی روشهای حذف این آلاینده ها مورد توجه محققان بسیاری قرار گیرد.

امروزه سرب در صنعت به خاطر خواص ویژه مصارف فراوانی پیدا کرده است. سرب در صنایع مختلف مانند باتریسازی، ساخت صفحات اکومولاتور، رنگ سازی، در رنگ سازی بصورت صفحات

لیتارژ-کرومات و سولفات، در ساخت گلوله های سربی و تسلیحات مختلف، در ساخت انواع حشره کش، همچنین در صنعت نساجی، چاپ، و ... وجود دارد.

حداکثر غلظت مجاز سرب در آبهای آشامیدنی ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر است و برای استفاده پساب در آبیاری و کشاورزی، تخلیه در چاههای جذبی و همچنین تخلیه به آبهای سطحی نیز برابر ۱ میلی گرم بر لیتر است.

برای حذف و یا کاهش غلظت فلزات سنگین از آبهای آلوده روشهای مختلفی وجود دارد که می توان به روشهای فیزیکی مانند جذب سطحی، میکروفیلتراسیون، اولترافیلتراسیون، تبخیر، الکترودیالیز و اسمز معکوس، روشهای شیمیایی نظیر فرآیند تبادل یونی، رسوبدهی شیمیایی و روش الکتروشیمی، روشهای بیولوژیکی همانند استفاده از باکتری های احیا کننده سولفات و جداسازی بیومغناطیسی و یا تلفیقی از این روشها اشاره کرد.

با توجه به هزینه های زیادی که برخی از روشهای تصفیه و جداسازی فلزات سنگین از آب دارند، مقدار هزینه یکی از پارامترهای مهم در انجام این امر تلقی می شود، بنابراین یافتن شیوه هایی که هزینه های کمتری را بر طرح تحمیل نماید همواره به عنوان یک اصل می باشد. براین اساس در سالهای اخیر یکی از بهترین روشهای موجود برای حذف فلزات سنگین فرآیند جذب توسط مواد زائد بیولوژیکی و غیر بیولوژیکی و جاذبههای طبیعی ارزان قیمت است زیرا این مواد ارزان قیمت بوده و دارای دارای هزینه کمی برای تهیه می باشند و دسترسی محلی به آنها ساده بوده و علاوه بر داشتن قدرت جذب قابل ملاحظه در طبیعت به مقدار زیادی وجود دارند.

در این تحقیق از دو جاذب طبیعی (زایدات برگ چای و پوشال گندم) جهت حذف سرب از آبهای آلوده استفاده شده است. زایدات برگ چای در مزارع چای و کارخانه های چای خشک کنی بخصوص در شمال کشور به مقدار زیادی تولید می گردد که در اکثر موارد برای تهیه آن لازم به

پرداخت هزینه ای نمی باشد. پوشال گندم نیز به علت کاشت و برداشت گندم که تقریباً در تمامی نقاط کشور صورت می گیرد به وفور و با هزینه های بسیار کم در دسترس می باشد.

در این تحقیق پساب آلوده به سرب از بستر جاذب عبور داده می شود و میزان سرب در ورودی و خروجی توسط دستگاه جذب اتمی اندازه گیری می شود. پساب عبوری از بستر صافی با غلظت های متفاوت سرب و در pH متداول از بستر صافی عبور داده می شود تا تاثیر آنها در فرایند جذب تعیین گردد. این فرایند به شکل پیوسته و با نرخ بار سطحی ثابت آزمایش می شود. از انجام این تحقیق اهداف زیر دنبال می شوند:

- ۱- تعیین مقدار جذب سرب توسط جاذب های مورد نظر (زایدات برگ چای و پوشال گندم).
- ۲- تعیین زمان بهینه جهت جذب سرب بوسیله جاذب های ذکر شده در ستون جذب.
- ۳- تعیین تاثیر غلظت ماده جذب شونده برای جذب سرب.

قسمتهای مختلف این تحقیق از فصل های زیر تشکیل شده اند:

در فصل اول خواص و ویژگیهای فلزات سنگین و منابع مختلف انتشار آنها در محیط زیست مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به اینکه فلز سنگین مورد تحقیق سرب می باشد، مهمترین خواص و ویژگیهای فلز مذکور شرح داده می شود. در فصل دوم جذب، مدلها و قوانین و ایزوترم های جذب سطحی بیان می گردد. در فصل سوم به بررسی مطالعات صورت گرفته در خصوص انواع جاذبها، انواع فلزات سنگین جذب شده و مقدار جذب در ایران و سایر کشورها پرداخته می شود. در فصل چهارم روش تحقیق، مواد و وسائل آزمایشگاهی مورد نیاز و در فصل پنجم نتایج حاصل از تحقیق آورده شده است. در فصل ششم نیز جمع بندی و پیشنهادات ارائه می گردد.

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

پیشرفت سریع و روز افزون علوم و فناوری در جوامع بشری و افزایش کمی و کیفی تولیدات صنعتی بنا بر نیازهای جامعه امروزی و پساب های صنعتی نیز که حاصل فرایند های تولید در بخش های مختلف صنعت می باشد، به صورت یکی از عوامل مخاطره آمیز برای محیط زیست درآمده است.

در این فصل ابتدا خواص و ویژگیهای فلزات سنگین آورده شده است. در ادامه منابع مختلف انتشار فلزات سنگین در محیط زیست مورد بررسی قرار گرفته و با توجه به اینکه فلز سنگین مورد تحقیق سرب می باشد، مهمترین خواص و ویژگیهای فلز مذکور شرح داده شده است. حذف فلزات سنگین از محیط آبی، موضوع مهمی در بهداشت عمومی محسوب می شود که از دو جنبه ذیل اهمیت دارد:

- جداسازی فلزات سنگین از پساب های صنعتی، زهاب کشاورزی، معادن و خنثی نمودن اثرات سمی آنها.
- احیا و بازیافت فلزات که با کاهش تدریجی منابع معدنی از لحاظ اقتصادی امری ضروری است (ندافی، ۱۳۸۴).

روش های متفاوتی برای حذف فلزات سنگین وجود دارد که روش مورد بررسی در این تحقیق استفاده از جذب سطحی می باشد، بدین منظور انواع فرآیندهای جذب سطحی آورده شده و عوامل موثر بر جذب و ایزوترم های جذب سطحی مورد بررسی قرار گرفته شده است. در سالیان اخیر مطالعات مختلف به نوعی در جهت بررسی روش های اقتصادی برای تصفیه آب و فاضلاب انجام گرفته است از این رو در مطالعات، حذف فلزات سنگین با استفاده از جاذبهای طبیعی و ارزان قیمت همواره مورد توجه محققین بوده است و این جاذب ها معمولاً دارای هزینه پایین و دسترسی به آنها آسان می باشد و کم و بیش درصد های جذب بالایی را نشان داده اند.

۲-۱- تعریف فلزات سنگین

تعاریف متفاوتی برای فلزات سنگین ارائه شده است که عبارتند از:

- فلزات سنگین عناصری هستند که وزن مخصوص آنها بیشتر از ۶ گرم بر سانتیمتر مکعب باشد.

- فلزات سنگین عناصری هستند که جرم اتمی آنها از ۵۶ بیشتر باشد.

- فلزات سنگین عناصری هستند که وزن اتمی آنها بیشتر از وزن اتمی سدیم (۲۲/۹)

باشد (جرسائی، ۱۳۷۵).

- فلزات سنگین عناصری هستند که وزن مخصوص آنها بیشتر از وزن مخصوص آهن باشد

(بیات، ۱۳۸۶).

تعاریف مذکور محدودیت هایی را ایجاد نموده که گاهی اوقات برخی عناصر را که جزء فلزات

سنگین شناخته شده اند شامل نمی شود بعنوان مثال آرسنیک یک غیر فلز است ولی بواسطه

ایجاد مسمومیت و خطرات زیست محیطی که ایجاد می نماید جزء فلزات سنگین در نظر گرفته

می شود و یا اینکه وزن مخصوص کادمیم از وزن مخصوص آهن کمتر است در صورتی که کادمیم

جزء فلزات سنگین محسوب می شود. به همین علت است که در بسیاری از مراجع تعریف

مشخصی از فلزات سنگین ارائه نمی شود. آنچه اهمیت دارد آن است که فلزات سنگین اغلب سمی

بوده و باعث بیماریهای صعب العلاج می شوند که گاه لا علاج هستند و پساب بسیاری از صنایع

حاوی فلزات سنگین می باشند (جرسائی، ۱۳۷۵).

۳-۱- ویژگیهای فلزات سنگین

برخی از فلزات سنگین در مقادیر بسیار کم جهت رشد و سلامتی اغلب موجودات زنده

ضروری و لازم اند اما میزان اضافی آنها باعث بروز مسمومیتهای شدید می گردد. به این دسته از

عناصر، عناصر کمیاب ضروری گفته می شود.

عناصری که نقش کمبود آنها در ایجاد نارسایی و بیماری به اثبات رسیده است عبارتند از

مس، منگنز، آهن و روی برای گیاهان و حیوانات، کبالت، کروم و سلنیم فقط برای حیوانات و بور و مولیبدن فقط برای گیاهان. اغلب این عناصر از اجزای اصلی آنزیمها و پروتئینهای مؤثر در فعالیتهای متابولیکی هستند. بنابراین کاهش مقدار آنها باعث کاهش مقادیر آنزیمها و پاره‌ای از پروتئینها و در نتیجه عدم فعالیت متابولیکی کافی و سرانجام باعث بروز بیماری خواهد گردید (سعیدی، ۱۳۷۵).

برخلاف اغلب آلاینده‌های آلی (نظیر مواد آلی هالوژن‌دار) فلزات سنگین به‌طور طبیعی در اشکال مختلف سنگها، مواد معدنی و خاکها وجود دارد. بنابراین اغلب یک مقدار معمول برای غلظت این فلزات به عنوان غلظت مبنا در خاک، رسوبات، آبها و بدن موجودات زنده در نظر گرفته می‌شود (بیات، ۱۳۸۶).

از جمله فلزات سنگینی که انسان با آنها سر و کار بیشتری داشته و مسمومیت آنها از سایر فلزات بیشتر می‌باشد جیوه، کادمیم، سرب، روی، مس، کروم، نیکل و در درجه دوم آهن، منگنز، مولیبدن، قلع، وانادیم و کبالت را می‌توان نام برد (بیات، ۱۳۸۶).

این آلاینده‌ها سبب بروز خطرات جدی در زمینه بهداشت و سلامت عمومی می‌شوند و باعث بوجود آمدن بیماریهای گوارشی، پوستی، تنفسی، اسکلتی، کلیوی، کبدی، مغز و سلسله اعصاب مرکزی و حتی انواع بیماریهای صعب‌العلاج و لاعلاج در انسان می‌شوند (جرسائی، ۱۳۷۵). فلزات سنگین مانند جیوه (Hg)، مولیبدن (Mo)، آرسنیک (As)، کادمیم (Cd)، کروم (Cr)، روی (Zn)، نیکل (Ni)، سرب (pb)، مس (Cu) و ... می‌باشند که در غلظت‌های پایین نیز ترکیباتی سمی به‌شمار می‌آیند. فلزات سنگین دارای نقاط جوش بسیار متفاوتی می‌باشند، بطوریکه جیوه دارای پایین‌ترین نقطه جوش و مولیبدن بالاترین نقطه جوش را دارا می‌باشد (نقاش صبحی، ۱۳۸۱).

برخی از فلزات سنگین در مقادیر کم برای انسان و دیگر موجودات مضر هستند. بعضی از فلزات سمی مانند آرسنیک، باریوم، کادمیم، کروم، سرب، جیوه و نقره در آب محلول هستند و در

سیستم بافت های انسانی تجمع می کنند و از میان آنها آرسنیک، کادمیم، سرب و جیوه مشخصاً خطرناک می باشند، این فلزات بوسیله زنجیره غذایی تغلیظ شده و از این طریق خطر مهمی برای ارگانسیم های موجود در بالای زنجیره به شمار می روند(کیهان نژاد، ۱۳۸۵).

جدول (۱-۱) تعدادی از بیماریهایی که فلزات سنگین در بروز آنها نقش اساسی دارند و نیز غلظت مجاز این آلاینده ها را در آب آشامیدنی نشان می دهد.

جدول ۱-۱: بیماریهای ایجاد شده توسط فلزات سنگین و حداکثر غلظت مجاز آنها در آب آشامیدنی

غلظت مجاز در آب (mg/L) (نشریه شماره ۱۱۶-۳، ۱۳۷۱)	اثرات (جرسائی، ۱۳۷۵)	فلزات سنگین
۰/۰۵	درماتیت؛ سرطان پوست؛ رنگی شدن ناخن؛ نوروپاتی محیطی؛ تهوع؛ اسهال؛ بی اشتها؛ کشندگی	آرسنیک
۰/۰۱	نقصان عملکرد کلیوی؛ تجمع در بافتها؛ استخوان درد	کادمیم
۰/۰۵	آسیب کبدی و کلیوی؛ خونریزی داخلی و اختلال تنفسی؛ بیماری های پوستی و سرطان ریه	کروم +۶
۰/۰۵	کم خونی؛ اختلال در سیستم اعصاب؛ درد ناحیه شکم؛ اختلال در سنتز گلبولهای قرمز؛ آسیب کلیوی و اختلال در سیستم تولید مثل؛ اختلال در متابولیسم ویتامین D؛ تجمع در بافتها؛ افزایش فشار خون	سرب
۰/۰۰۱	تاثیر مخرب بر کلیه و سیستم اعصاب مرکزی	جیوه
۰/۰۲	کاهش وزن بدن؛ تغییرات خونی و آنزیمی؛ تغییر در میزان آهن بدن؛ سرطان ریه؛ حساسیت پوستی	نیکل
۰/۰۱	بیماریهای پوستی؛ ریزش مو؛ ناخنها؛ غیر طبیعی؛ سرطان زایی و اختلالات روانی	سلنیم
۰/۰۵	آرژلیا(تغییر رنگ آبی متمایل به خاکستری پوست و اندامها)	نقره
۱۵	ضعف عضلانی و درد؛ تحریک پذیری؛ تهوع	روی
۱	آسیب معده ای-روده ای؛ آسیب کبدی و کلیوی؛ کم خونی	مس

اثرات واقعی این فلزات سنگین بر انسان به رژیم غذایی، مقاومت بدن، کم یا زیاد شدن غلظت آنها در بدن و عوامل گوناگون دیگر بستگی دارد. همانطور که در جدول (۱-۱) ملاحظه می گردد حداکثر غلظت مجاز سرب در آب آشامیدنی برابر ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر است.

۴-۱- منابع انتشار فلزات سنگین در محیط زیست

منابع انتشار فلزات سنگین، در محیط زیست به دو دسته تقسیم می‌گردد. یکی منابع طبیعی و دیگری منابع ناشی از فعالیتهای انسانی که در ادامه به شرح هر یک از موارد مذکور و نیز انواع آنها پرداخته می‌شود.

مقادیر سمی و کشنده این فلزات در رژیم غذایی و نیز غلظت کشنده آنها در جدول (۲-۱) نشان داده شده است.

جدول ۲-۱: مقادیر سمی و کشنده فلزات سنگین در رژیم غذایی انسان (نقاش صبحی، ۱۳۸۱)

مقادیر در رژیم غذایی (mg/day)		دز کشنده (mg/Kg body weight)	عناصر
کشنده	سمی		
۱۳۰۰-۶۲۰۰	۶۰	۳۵۰-۴۲۰۰	نقره
۵۰-۳۴۰	۵-۵۰	۶۰	آرسنیک
۱۵۰۰-۹۰۰۰	۳-۳۳۰	۱۰۰	کادمیم
-	۵۰۰	۵۰	کبالت
۳۰۰۰-۸۰۰۰	۲۰۰	۶۳۰۰	کروم
۱۵۰-۳۰۰	۰/۴	۱/۵	جیوه
-	-	۱۲۰	مولیبدن
-	-	۱۱۰-۲۲۰	نیکل
۱۰۰۰۰	۱	۴۹۰۰	سرب
-	-	۲۳	پلاتین
-	۲۰۰۰	۳۵	قلع
-	۱۸	-	وانادیم
۱۷۵-۲۵۰	-	-	مس
۶۰۰۰	۱۵۰-۶۰۰	-	روی

۴-۱-۱- منابع طبیعی

عمده‌ترین منابع طبیعی انتشار فلزات سنگین در محیط زیست، منابع ژئوشیمیایی می‌باشد. در اصطلاحات زمین شناسی، فلزات سنگین جزء دسته‌ای از عناصر، تحت عنوان عناصر کمیاب

طبقه‌بندی می‌شوند که روی هم‌رفته کمتر از یک درصد پوسته زمین را تشکیل می‌دهند و بقیه عناصر موجود در سطح کره زمین تشکیل دهنده ۹۹٪ پوسته زمین هستند (سعیدی، ۱۳۷۵).

عناصر کمیاب عمدتاً در سنگهای آذرین حاصل از کریستالیزه شدن گدازه‌های آتشفشانی یافت می‌شوند. این عناصر در سنگهای رسوبی، بصورت اجزاء جذب شده در مواد معدنی حاصل از هوازدگی کانی‌های با منشاء سنگ‌های آذرین یافت می‌شوند. فوارانهای آتشفشانی نیز از منابعی هستند که فلزات سنگین را به‌طور طبیعی و بصورت مستقیم وارد محیط زیست می‌نمایند (بیات، ۱۳۸۶).

۱-۴-۲- منابع ناشی از فعالیت های انسانی

موارد زیر در زمره مهمترین منابع انتشار این آلاینده‌ها در محیط زیست می‌باشند:

۱-۴-۲-۱- احتراق سوخته‌های فسیلی

انواع متنوعی و گوناگونی از فلزات سنگین در سوخته‌های فسیلی وجود دارند که این آلاینده‌ها در حین عمل احتراق بصورت ذرات ریز و آئروسول درآمده و به همراه دود، در محیط منتشر می‌شوند و یا در خاکستر برجای مانده انباشته شده که با دفع نهایی این خاکستر در محیط، فلزات سنگین موجود در آن منابع آب یا خاک را آلوده خواهند کرد. برخی از فلزات سنگین و آلاینده‌های ناشی از احتراق سوخته‌های فسیلی عبارتند از: Ni , V , Mn , Cu , Se , Sb , As , Zn , Cd , Pb (بیات، ۱۳۸۶).

۱-۴-۲-۲- معدنکاری فلزات

فلزاتی که در صنایع مختلف و یا در اشکال متنوع در زندگی روزمره مورد استفاده قرار می‌گیرند تنها از دو منبع بدست می‌آیند؛ یکی استخراج از معادن و دیگری بازیابی قراضه فلزات

مصرف شده. برای استخراج فلزی خاص از سنگ معدن آن همواره مقادیری از فلزات دیگر که به طور طبیعی، در سنگ معدن وجود دارند بصورت ناخواسته وارد محیط زیست می‌شوند.

جدول (۳-۱) نشان دهنده کانیهای معمول جهت استخراج فلزات و فلزات سنگین دیگری که در این کانیها وجود دارد و ممکن است به محیط زیست تخلیه گردند، می‌باشد (سعیدی، ۱۳۷۵).

جدول ۳-۱: کانیهای فلزات غیر آهنی و فلزات سنگین موجود در آنها (بیات، ۱۳۸۶)

فلز	سنگ معدن	فلزات موجود در سنگ معدن
Ag	Ag ₂ S, PbS	Au, Cu, Sb, Zn, Pb, Se, Te
As	FeAsS, AsS Cu ores	As, Au, Ag, Sb, Hg, U, Bi Cu, Sn, Mo
Au	Native Au, AuTe ₂ , (Au,Ag)Te ₂	Te, Ag, As, Sb, Hg, Se
Cd	ZnS	Zn, Pb, Cu
Cr	FeCr ₂ O ₄	Ni, Co
Cu	CuFeS ₂ , Cu ₅ FeS ₄ , Cu ₂ S, Cu ₃ AsS ₄	Zn, Cd, Pb, As, Se, Sb, Ni, Pt, Mo, Au, Te
Hg	HgS, Native Hg, Zn ores	Sb, Se, Te, Ag, Zn, Pb
Mn	MnO ₂	Various (eg Fe, Co, Ni, Zn, Pb)
Ni	(Ni,Fe) ₉ S ₈ , NiAs, (Co,Ni) ₃ S ₄	Co, Cr, Pt, Se, Te
Pb	PbS	Ag, Zn, Cu, Cd, Sb, Tl, Se, Te
Sn	SnO ₃ , Cu ₂ (Fe,Zn)SnS ₄	Nb, Ta, W, Rb
U	U ₃ O ₈	V, As, Mo, Se, Pb, Cu, Co, Ag
V	V ₂ O ₅ , VS ₄	U
Zn	ZnS	Cd, Cu, Pb, As, Se, Sb, Ag, Au, In

۱-۴-۲-۳- مواد مورد استفاده در فعالیتهای کشاورزی

مواد مورد استفاده در فعالیتهای کشاورزی یکی از مهمترین منابع غیر متمرکز آلاینده‌های

فلزی می‌باشد. از جمله منابع اصلی عبارتند از: ناخالصیهای موجود در کودهای شیمیایی نظیر Pb, Cr, Cd و فلزات سنگین موجود در سموم دفع آفات همانند Cu, As, Mn (بیات، ۱۳۸۶).

۱-۴-۲-۴- منابع دیگر

از منابع دیگر فلزات سنگین می‌توان اکثر صنایع را نام برد که فلزات سنگین کم و بیش در آنها کاربرد دارند. در جدول (۴-۱) لیستی از صنایعی که فلزات سنگین در آنها کاربرد دارند به همراه فلزات سنگین احتمالی در پساب آنها آورده شده است. همانگونه که در جدول دیده می‌شود پساب صنایع آبکاری فلزات حاوی اغلب این فلزات سنگین می‌باشد (بیات، ۱۳۸۶).

۱-۵- سرب

۱-۵-۱- اطلاعات اولیه

سرب، عنصر شیمیایی است که در جدول تناوبی با نشان Pb و عدد اتمی ۸۲ وجود دارد. سرب، عنصری سنگین، سمی و چکش‌خوار است که دارای رنگ خاکستری کدری می‌باشد. هنگامیکه تازه تراشیده شده، سفید مایل به آبی است، اما در معرض هوا به رنگ خاکستری تیره تبدیل می‌شود. از سرب در سازه‌های ساختمانی، خازنهای اسید سرب، ساچمه و گلوله استفاده شده و نیز بخشی از آلیاژهای لحیم، پیوتر و آلیاژهای گدازپذیر از سرب می‌باشد. سرب سنگین‌ترین عنصر پایدار است (سریری پروانی، ۱۳۷۱).

۱-۵-۲- تاریخچه

به‌علت فراوانی سرب، تهیه آسان، کار کردن آسان با آن، انعطاف‌پذیری و چکش‌خواری بالا و پالایش راحت، حداقل از ۷۰۰۰ سال پیش مورد استفاده بشر می‌باشد. در کتاب خروج (بخشی از انجیل) به این عنصر اشاره شده است.

جدول ۱-۴: فلزات سنگین موجود در پساب برخی از صنایع (بیات، ۱۳۸۶)

Zn	Ag	Se	Ni	Hg	Mn	Pb	Fe	Cu	Co	Cr	Cd	B	Ba	As	نوع صنعت
							✓	✓				✓			صنایع کابل
✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			آبکاری فلزات
		✓			✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓	شیشه سازی
✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓			✓	✓		✓	صنایع چینی
		✓			✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓	صنایع سرامیک
				✓							✓				صنایع پلاستیک
		✓		✓										✓	تولید حشره کش
							✓				✓			✓	صنایع شیمیایی (آلی)
✓			✓			✓	✓	✓		✓	✓			✓	صنایع شیمیایی (معدنی)
												✓		✓	تولید علف کشها
					✓		✓	✓			✓	✓		✓	تولید کود شیمیایی
		✓	✓		✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓	ساخت رنگ
✓		✓			✓		✓		✓	✓	✓			✓	فرمولاسیون رنگ
						✓	✓	✓						✓	پالایشگاههای نفت
	✓			✓								✓			ضد عفونی کنندهها
	✓			✓									✓	✓	ساخت دترجنت
				✓										✓	تولید محافظت کننده پوست

کیمیایان می‌پنداشتند سرب قدیمی‌ترین فلز بوده و به سیاره زحل مربوط می‌شود. لوله‌های سربی که نشانه‌های امپراتوری روم را حمل می‌کردند، هنوز هم بکار می‌روند. در اواسط دهه ۸۰ تغییر مهمی در الگوهای پایان استفاده از سرب بوجود آمده بود. بیشتر این تغییر ناشی از پیروی مصرف‌کنندگان سرب آمریکا از قوانین زیست محیطی بود که به طرز قابل ملاحظه‌ای استفاده از سرب را در محصولات بجز باطری از جمله گازوئیل، رنگ، اتصالات و سیستم‌های آبی کاهش داده یا حتی حذف کرد (سریری پروانی، ۱۳۷۱).

۱-۵-۳- خواص کلی سرب

سرب فلزی است براق، انعطاف پذیر، بسیار نرم، شدیداً چکش خوار و به رنگ سفید مایل به آبی که از خاصیت هدایت الکتریکی پایینی برخوردار می‌باشد. این فلز حقیقی به شدت در برابر پوسیدگی مقاومت می‌کند و به همین علت از آن برای نگهداری مایعات فرسایشگر (مثل اسید سولفوریک) استفاده می‌شود. با افزودن مقادیر خیلی کمی آنتیموان یا فلزات دیگر به سرب می‌توان آنرا سخت نمود. سرب با علامت اختصاری Pb از کلمه لاتین Plumbum مشتق شده است. عدد اتمی آن ۸۲، وزن اتمی ۲۰۷، نقطه ذوب $327/6$ درجه سلسیوس، نقطه جوش 1740 درجه سلسیوس و وزن مخصوص آن $11/35$ است.

سرب بطور طبیعی دارای چهار ایزوتوپ پایدار است:

$Pb-208$ ($52/4$)، $Pb-207$ ($22/1$)، $Pb-206$ ($24/1$)، $Pb-204$ ($1/4$) . سرب 206 ،

207 و 208 همگی پرتوزا بوده، محصولات پایانی زنجیره فروپاشی پیچیده‌ای هستند که به

ترتیب در $U-238$ ، $U-235$ و $Th-232$ رخ می‌دهند و سرب دارای دو عنصر رادیواکتیو $Pb-210$

و $Pb-211$ می‌باشد (سریری پروانی، ۱۳۷۱). در جدول (۱-۵) به خصوصیات عمومی، خواص اتمی،

خواص فیزیکی و برخی خواص متفرقه سرب اشاره شده است:

جدول (۱-۵): خواص عمومی، اتمی، فیزیکی و متفرقه سرب (www.ngdir.ir)

عمومی	
Lead, Pb, ۸۲	نام , علامت اختصاری , شماره
فلز ضعیف	گروه شیمیایی
p بلوک ۶, ۱۴IVA	گروه , تناوب , بلوک
۱۱۳۴۰ kg/m ³ , ۱/۵	جرم حجمی , سختی
سفید متمایل به آبی	رنگ
خواص اتمی	
۲۰۷/۲ amu	وزن اتمی
۱۸۰ (۱۵۴) pm	شعاع اتمی (calc.)
۱۴۷ pm	شعاع کووالانسی
۲۰۲ pm	شعاع وندروالس
[Xe]۴ f ^{۱۴} ۵ d ^{۱۰} ۶ s ^۲ ۶p	ساختار الکترونی
۲, ۸, ۱۸, ۳۲, ۱۸, ۴	e ⁻ بازای هر سطح انرژی
۴, ۲	درجه اکسیداسیون (اکسید)
face centered مکعبی	ساختار کریستالی
خواص فیزیکی	
جامد	حالت ماده
۱ E۲ K (۶۲۱/۴۳ °F)	نقطه ذوب
۱ E۳K (۳۱۸۰ °F)	نقطه جوش
۱۷۷/۷ kJ/mol	گرمای تبخیر
۴/۷۹۹ kJ/mol	گرمای هم جوشی
۴/۲۱ scientific notation-۰۷Pa at ۶۰۰K	فشار بخار
۱۲۶۰ m/s at ۲۹۳/۱۵ K	سرعت صوت
متفرقه	
۲/۳۳ (درجه پائولینگ)	الکترونگاتیویته
۱۲۹ J/kg.K	ظرفیت گرمایی ویژه
۳۵/۳ W/m.K	رسانائی گرمایی
۷۱۵/۶ kJ/mol	۱ st پتانسیل یونیزاسیون
۱۴۵۰/۵ kJ/mol	۲ nd پتانسیل یونیزاسیون
۳۰۸۱/۵ kJ/mol	۳ rd پتانسیل یونیزاسیون
۴۰۸۳ kJ/mol	۴ th پتانسیل یونیزاسیون

۱-۵-۴- سرب و ترکیبات آن

سرب توسط انسان استخراج شده و طی سالهای زیادی آن را مورد استفاده قرار داده است. استفاده از این فلز در ساخت ظروف مختلف و لوله های سربی در روم شایع بوده است (سریری پروانی، ۱۳۷۱). جدول (۱-۶) ترکیبات سرب و برخی خواص فیزیکی آنها را نشان می دهد.

جدول ۱-۶: ترکیبات سرب و برخی خواص آنها

نام	فرمول	وزن ملکولی	نقطه ذوب (°C)	نقطه جوش (°C)	حلالیت در آب سرد (g/L)
سرب	Pb	۲۰۷/۱۹	۲۳۷/۵۰۲	۱۷۴۰	-
استات سرب	Pb(CH ₃ COO) ₂	۳۲۵/۲۸	۲۸۰	-	۴۴۳
کربنات سرب	Pb(CO ₃) ₂	۲۶۷/۲	۳۱۵	-	۰/۰۰۱۱
کلرات سرب	Pb(ClO ₃) ₂	۳۷۴/۰۹	۲۳۰	-	خیلی محلول
کلراید سرب	PbCl ₂	۲۷۸/۱	۵۰۱	۹۵۰	۹/۹
کرومات سرب	PbCrO ₄	۳۲۸/۱۸	۸۸۴	تجزیه می شود	۰/۰۰۰۵۸
نیترات سرب	Pb(NO ₃) ₂	۳۳۱/۲	۴۷۰	-	۳۷۶/۵
اورتو فسفات سرب	Pb ₃ (PO ₄) ₂	۸۱۱/۵۱	۱۰۱۴	-	۰/۰۰۰۱۴
اکسالات سرب	PbC ₂ O ₄	۲۹۵/۲۱	۳۰۰	-	۰/۰۰۱۶
دی اکسید سرب	PbO ₂	۲۳۹/۱۹	-	-	نا معلوم
منو اکسید سرب	PbO	۲۲۳/۱۹	۸۸۸	-	۰/۰۱۷
اکسید سرب قرمز	Pb ₃ O ₄	۶۸۵/۵۷	۵۰۰	-	نا محلول
سرکوتن اکسید سرب	Pb ₂ O ₃	۴۶۲/۳۸	۳۷۰	-	نا محلول
استنارات سرب	Pb(C ₁₈ H ₃₅ O ₂) ₂	۷۷۴/۱۵	۱۱۵/۷	-	۰/۵
سولفات سرب	PbSO ₄	۳۰۳/۲۵	۱۱۷۰	-	۰/۰۴۲۵
سولفید سرب	PbS	۲۳۹/۲۵	۱۱۱۴	-	۰/۰۰۰۸۶
تترا اتیل سرب	Pb (C ₂ H ₅) ₄	۳۲۳/۴۴	-۱۳۶/۸	در ۲۰۰ درجه تجزیه می شود	نا محلول
تترا متیل سرب	Pb (CH ₃) ₄	۲۶۷/۳	-۲۷/۵	۱۱۰	نا محلول

۱-۵-۵- موارد استفاده از سرب در صنعت

کاربردهای اولیه سرب عبارت بودند از: سازه های ساختمانی ، رنگدانه های مورد استفاده در لعاب سرامیک و لوله های انتقال آب. کاخها و کلیساهای بزرگ اروپا در وسایل تزئینی ، سقفها ، لوله ها و پنجره هایشان دارای مقادیر قابل توجهی سرب هستند. این فلز (در حالت عنصری) پس از آهن ، آلومینیوم ، مس و روی بیشترین کاربرد را دارد. امروزه سرب در صنایع موارد استفاده فراوانی یافته است. هرکدام از فراورده های سرب به نحوی می توانند محیط زیست را آلوده نمایند. موارد استفاده از سرب در صنایع مختلف به طور مختصر به شرح ذیل است:

- ۱- در باطری سازی و ساخت صفحات اکومولاتور
 - ۲- در رنگ سازی بصورت لیتارژ - کرومات و سولفات
 - ۳- در ساخت گلوله های سربی و تسلیحات مختلف
 - ۵- در صنعت لاستیک سازی بصورت لیتارژ
 - ۶- در انواع مختلف پلاستیک خصوصاً نوعی که بصورت بورات تهیه می شود
 - ۷- در ساخت حشره کش های مختلف بصورت ارسنات سرب
 - ۸- در تهیه آلیاژهای مختلف همراه فلزات دیگر
 - ۹- در ساخت لوله، آلیاژهای مختلف سربی و تهیه سیستم های حاوی سرب
 - ۱۰- در صنایع شیمیائی برای ساخت اتاقک های سربی جهت تهیه اسید سولفوریک
 - ۱۱- در صنایع کریستال سازی و لعابهای شیشه ای بصورت سیلیکات سرب
 - ۱۲- در صنایع نفت بصورت تترا اتیل سرب(قربانی کَشکولی، ۱۳۷۱)
- در پساب صنایع ذکر شده فلز سرب به فراوانی یافت می شود. سطوح سرب گزارش شده در فاضلاب برخی صنایع به شرح جدول (۱-۷) است.

جدول ۱-۷: سطوح سرب گزارش شده در فاضلاب صنایع مختلف (سریری پروانی، ۱۳۷۱)

میزان سرب (mg/l)	کارخانه
۴۰/۳-۳۱۹/۴	کارخانجات باتری سازی
۲-۱۴۰	آبکاری
۳۸۰-۴۰۰	کارخانجات لامپ تلویزیون
۰/۴۳-۱۰۰	صنایع تولید شیشه
۹۴	جوهر سازی
۱/۱-۱۰	صنایع رنگ
۸۶	فرمولاسیون جوهر نمک
۱-۲۰۰	صنایع پیگمنت
۸/۴	صنایع نساجی
۰/۴۷-۱/۳۹	کارخانجات فولاد
۶۳	کارخانجات لاستیک سازی
۷/۷	صنایع ذوب فلزات

۱-۵-۶- هشدارها

سرب فلز سمی است که به بافت های عصبی آسیب رسانده (بخصوص در بچه ها) و موجب بیماریهای خونی و عصبی می شود. تماس طولانی با این فلز یا نمکهای آن (مخصوصاً نمکهای محلول یا اکسید غلیظ آن (PbO_2) می تواند باعث بیماریهای کلیه و دردهای شکمی شود. به اعتقاد بعضی افراد استفاده تاریخی از سرب توسط امپراطوری روم برای لوله های آب و نمک آن ، استات سرب که بعنوان شیرین کننده شراب و به نام شکر سرب هم معروف است، عامل دیوانگی بسیاری از امپراطوران بود. نگرانی درباره نقش سرب در عقب ماندگی ذهنی کودکان موجب کاهش استفاده از آن در سطح جهان گردید.

فروش رنگهای حاوی سرب در کشورهای صنعتی متوقف شده ، گرچه احتمالاً بسیاری از خانه های قدیمی هنوز دارای مواد سربی در رنگهایشان هستند. کلاً پیشنهاد می شود رنگهای قدیمی را با سمباده از بین نبرند، چون این کار باعث ایجاد غباری قابل استنشاق می گردد. نمکهای

سرب که در لعاب ظروف سفالی بکار می‌رود، گاهی اوقات ایجاد مسمومیت کرده‌اند، چون هنگامیکه در آنها اسید نوشیده می‌شود، مانند آبمیوه‌ها، یونهای سرب از لعاب ظرف جدا می‌شوند. استفاده از سرب برای فشردن سیب جهت تهیه آب سیب، عامل بیماری دوون کلیک می‌باشد. گمان می‌رود سرب پیامدهای ناگواری برای دختران و خانمهای جوان داشته باشد به همین علت بسیاری از دانشگاهها در تجزیه و تحلیلهای دختران، سرب را در اختیار آنها نمی‌گذارند. سرب در واقع برای ساخت مدادهای اولیه مورد استفاده قرار می‌گرفت، اگرچه در چند دهه اخیر مغز مدادها از گرافیت که شکل طبیعی کربن می‌باشد، ساخته شده است (www.ngdir.ir).

۱-۵-۶-۱- راههای ورود و جذب سرب در بدن

روزانه در حدود ۴۰۰ تا ۶۰۰ میکرو گرم سرب به طرق مختلف وارد بدن انسان می‌گردد که از این مقدار حدود ۱۵٪ جذب بدن شده و بقیه دفع می‌گردد. بیشترین سرب ورودی به بدن جذب کبد، طحال و استخوانها می‌شود (خوانین، ۱۳۶۷). راههای ورود و جذب سرب در بدن عبارتند از :

۱- جذب سرب از طریق دستگاه تنفس

۲- جذب سرب از طریق پوست و مخاط

۳- جذب سرب از طریق دستگاه گوارش

در حدود ۳۵٪ از سرب تنفس شده در هوا بعلت قطر ذرات سرب که تقریباً ۰/۱ تا ۱۰ میکرومتر است در مسیرهای هوایی ریه ذخیره می‌شوند. ذرات بزرگتر سرب که همراه گرد و غبار می‌باشند در حلق و بینی تجمع یافته و ترسیب می‌شوند و قادر نیستند به مناطق عمیق تر بروند زیرا بعلت بزرگی اندازه قادر به ترسیب در کیسه های هوایی و سیستم نایژه ای نیستند (سریری پروانی، ۱۳۷۱). همچنین ترکیبات آلی سرب مانند تترا اتیل سرب، الکیل های سرب و ... از طریق پوست و مخاط جذب بدن می‌گردند که پوست و مخاط آسیب دیده خیل سریعتر این عمل را

انجام می دهند(قربانی کشکولی،۱۳۷۱). سرب از طریق مواد مواد آشامیدنی و غذایی نیز می تواند وارد بدن انسان گردد. سرب ورودی به بدن پس از جذب وارد خون شده و به استخوانها و بافت های نرم می رود و سپس سرب تجمع یافته در کبد بتدریج توسط صفرا وارد روده کوچک شده و از طریق زائادات انسانی دفع می گردد. چربی ها در جذب سرب موثرند اما پروتئین ها از مسمومیت سربی می کاهند. جذب سرب از طریق هضم در حدود ۱۵٪ - ۱۰٪ است که گاهی به میزان ۳۰٪ تا ۵۰٪ افزایش می یابد. جذب سرب از طریق هضم بستگی به کمبود کلسیم، فسفر، آهن و نیز اسیدیتته معده دارد که میزان جذب را در کودکان تا ۵۰٪ افزایش می دهد(سریری پروانی،۱۳۷۱).

۱-۵-۷- سرب در طبیعت

سرب یک جزء طبیعی در پوسته زمین است که غلظت آن حدود ۱۶ میکروگرم بر کیلوگرم خاک می باشد. مهمترین سنگ معدن سرب که مقدار بیشتری از این فلز را داراست گالنا یا سولفور سرب است که اکثر سرب تجارتي از آن استخراج می شود. همچنین سرب به صورت سروزیت^۱ که کربنات سرب است و آنژلزیت^۲ که سولفات سرب است در طبیعت یافت می شود. علاوه بر این سرب در اثر تجزیه اورانیوم ۲۳۸ که به مقدار جزئی در خاک اتفاق می افتد تولید می شود (سریری پروانی،۱۳۷۱). سرب بطور طبیعی در آب رودخانه ها و دریاچه ها وجود دارد و میزان آن در حدود ۱۰-۱ میکروگرم در لیتر گزارش شده است (قربانی کشکولی،۱۳۷۱). منبع اولیه سرب موجود در آب، زمین های حاوی منابع سرب است که در تماس با آب قرار دارد و بر اساس مطالعات پترسون در سال ۱۹۶۵ سالیانه در حدود ۱۷۰۰۰ تن سرب محلول از رودخانه ها وارد اقیانوس ها می شود. در گیاهان نیز سرب از طریق ریشه جذب می شود. غلظت سرب در گیاهان متفاوت بوده و بستگی به آلودگی محیطی منطقه مورد نظر دارد. علوفه ها و بوته های کم

^۱.Cerussite

^۲.Anglesite