

## پژوهشی پیرامون لوله‌های شیشه‌ای درهای آل-اونتش-نپیریش آزمایش و مطالعه‌ی آن‌ها با روش فلئورسانس پرتو مجهول

نوید صالح‌وند

دانشجوی دکتری باستان‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

آرمان شیشه‌گر\*

عضو هیأت علمی پژوهشکده باستان‌شناسی (پژوهشگاه)

shishegarman@gmail.com

مسلم جعفری‌زاده

دانشجوی دکتری باستان‌شناسی دانشگاه دانشگاه تربیت مدرس

بهمن فیروزمندی شیره‌جینی

استاد گروه باستان‌شناسی دانشگاه تهران

شناسه‌ی دیجیتال (DOI): 10.22084/nbsh.2017.12764.1560

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۱۷، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۲۴

(از ص ۸۷ تا ۱۰۴)

### چکیده

در کاوش‌های «آل-اونتش-نپیریش» (محوطه‌ی مشهور به «چغازنبیل»)، لوله‌های شیشه‌ای به‌دست آمده که تاکنون تحقیق جامعی درباره‌ی آن‌ها در قالب یک مقاله تحقیقی صورت نگرفته است. این لوله‌ها به‌عنوان یکی از قدیمی‌ترین شیشه‌های ایران و درواقع به‌عنوان عنصری تزئینی در قاب‌های درهای چوبی دو لنگه‌ی برخی از نیایشگاه‌های زیگورات چغازنبیل جای گرفته بوده‌ند. لوله‌ها از شیشه‌ی نیمه‌شفاف ساخته شده و درون برخی از آن‌ها قالب‌های میله‌ای از جنس مفرغ هویدا، کشف شده است، از این نوع لوله‌ها تنها از درزیگورات چغازنبیل پیدا شده است. هدف اصلی این مقاله، آشنایی با هنر شیشه‌گری در دوره‌ی عیلام میانه و به‌خصوص این شیشه‌ها است. در ابتدای این پژوهش، باید به چند پرسش اساسی پرداخت؛ نخست، این‌که نمونه‌های مذکور، آیا نمونه‌های مشابهی داشته‌اند؟ و چگونگی راه‌یابی آن‌ها در موزه‌های دنیا به چه شکل بوده است؟ و پرسش‌هایی در مبحث آنالیز مواد که این شیشه‌ها از چه موادی ساخته شده است؟ و عامل اصلی رنگ نمونه‌ی آزمایشی چه بوده است؟ برای پاسخ به این پرسش‌ها از دو روش کتابخانه‌ای و مطالعات آزمایشگاهی استفاده گردیده، و نهایتاً نتایج حاصله از مطالعات آزمایشگاهی نشان می‌دهد که در تهیه‌ی این شیشه از مقدار مناسبی سیلیس به‌عنوان ماده‌ی اصلی و از خاکستر گیاهان به‌عنوان مواد گدازه‌آور و موادی نیز به‌عنوان عامل ایجاد رنگ آبی مورد استفاده قرار گرفته است.

**کلیدواژگان:** چغازنبیل، لوله‌های شیشه‌ای، سده‌ی ۱۳ ق. م. (عیلام میانی)، فلئورسانس پرتو مجهول.

## مقدمه

اونتس-نپیریش، در واقع نام پادشاه سلسله‌ی ایکه-هَلکی در دوره‌ی عیلام میانی است؛ وی، نام خود را بر روی شهری نهاد که در حدود ۴۵ کیلومتری جنوب شرقی شوش قرار داشته، که امروزه این شهر را با نام «زیگورات چغازنبیل» (آل-اونتس-نپیریش) می‌شناسیم. دوران حکومت او به دوران طلایی عیلام شهرت دارد و در حدود سی و پنج تا چهل سال بر سرزمین عیلام حکومت کرده است. محوطه‌ی چغازنبیل دارای سه حصار تودرتو و نیایشگاه‌های متعدد و یک زیگورات در مرکز آن است (گیرشمن، ۱۳۷۳؛ ۱۳۷۵؛ آمیه، ۱۳۸۹؛ ۱۲۴-۱۱۵؛ پاتس، ۱۳۸۵؛ ۳۲۷، ۳۵۷-۳۴۴؛ Mofidi-Nasrabadi, 2004: 302-304; Amiet, 1966: 333-381).

این شهر مذهبی از ابتدا توجه کاوشگران فرانسوی شوش را از جمله دومکنم و میسالون را به خود معطوف داشت، آن‌ها در این محل به گمانه‌زنی پرداختند (De Mecquenem & Michalon, 1953) و گیرشمن در دهه‌ی ۱۹۶۰ در این محل، نُه فصل کاوش نمود و نتایج کاوش‌های خود را در چهار جلد به چاپ رسانید (Ghirshman, 1966; 1968; Steve, 1967; 1967; Porada: 1970)؛ گیرشمن، ۱۳۷۳؛ ۱۳۷۵؛ پرادا، ۱۳۷۵؛ استو، ۱۳۷۵)، (شکل‌های ۱-۳).

علاوه بر معماری بی‌نظیر شهر اونتس-نپیریش، عناصر وابسته به معماری نیز در زیبایی آن نقش مهمی داشته‌اند؛ از جمله‌ی این عناصر وابسته به معماری شیشه است که در این مقاله پیرامون بررسی لوله‌های شیشه‌ای که به شکل شیشه جام<sup>۱</sup> تمام درهای چوبی زیگورات و سایر نیایشگاه‌ها و حتی حصارها به کاررفته، پرداخته خواهد شد (گیرشمن، ۱۳۷۳؛ ۳۲-۳۱).

از آنجایی که این آثار در موزه‌های مختلف دنیا پراکنده شده‌اند و مطالعه‌ی جامعی در چگونگی راه‌یابی این آثار با ارزش به آنجا صورت پذیرفته است و علاوه بر آن، ۴ نمونه از این شیشه‌ها در موزه‌ی کرنینگ با دستگاه‌های قدیمی آزمایش شده بود که هیچ‌گاه تحلیلی روی آن انجام نشد؛ بنابراین آزمایش جدید این شیشه‌ها برای شناخت ساختار و ترکیبات شیشه در اواخر هزاره‌ی دوم قبل از میلاد امری اجتناب‌ناپذیر بود.

**پرسش‌های پژوهش:** لوله‌های شیشه‌ای از چه راه‌هایی و چگونه وارد موزه‌ها و مجموعه‌ها شده‌اند؟ تکنیک ساخت این آثار چگونه بوده و آیا براساس مطالعات باستان‌سنجی می‌توان تولید این شیشه‌ها را نظام‌مند دانست؟ نمونه‌ی مورد مطالعه از لحاظ ترکیبات با نمونه‌های کرنینگ هم‌خوانی دارد؟ آیا تغییراتی در ترکیب تولید این شیشه‌ها با توجه به کارکرد آن (به منظور تزئین درهای معابد) روی داده است؟ آیا منابع مواد تشکیل‌دهنده‌ی این شیشه‌ها یکی بوده است؟ و با یک دستورالعمل ساخته شده‌اند؟

**روش پژوهش:** نوشتار پیش‌رو از دور روش در تکمیل پژوهش بهره‌مند شده است؛ نخست، مطالعات کتابخانه‌ای و استفاده از گزارش‌های منتشر شده و دوم، مطالعات باستان‌سنجی است که به کمک روش آزمایشگاهی فلئورسانس پرتو مجهول با دستگاه Philips-PW2404 در آزمایشگاه دانشکده علوم دانشگاه



▲ شکل ۱. عکس هوایی دوراوتنش، محله‌ی مقدس (سیان کوک) و زیگورات چغازنبیل (Google Earth, 2016).

تربیت مدرس و بر روی یک نمونه‌ی موجود در انبارهای قلعه‌ی شوش انجام شد و اطلاعات نمونه‌ی مورد مطالعه و همچنین چهار نمونه‌ی کرنینگ به نرم‌افزار IBM Spss25 وارد شد و خروجی‌هایی برحسب نیاز از اطلاعات به صورت نمودار گرفته شده است.

### پیشینه‌ی پژوهش

لوله‌های شیشه‌ای زیگورات چغازنبیل نه فقط در شیشه‌گری، بلکه در تاریخ معماری نیز اهمیت دارد؛ بدیهی‌ست که مطالعه و پژوهش این آثار می‌تواند دریچه‌های نوینی را در حوزه‌های ذکر شده، ایجاد نماید. از کاوش‌های فرانسویان در این محوطه، قطعات زیادی از این شیشه‌ها به دست آمد و فقط گیرشمن و همسرش تانیا، نسبت به بقیه‌ی کاوشگران کارکرد درست این آثار را تشخیص دادند؛ هرچند که بازسازی آن‌ها با خطاهایی روبه‌رو بوده است (گیرشمن، ۱۳۷۳: شکل ۲۰). اهمیت این لوله‌ها آن قدر بود که سر از موزه‌ها و مجموعه‌های معتبر دنیا درآورد و تاکنون نیز نه تنها هیچ بحثی در مورد چگونگی راه‌یابی این آثار مطرح نشده؛ بلکه پژوهشی بر روی ترکیبات آن‌ها صورت نگرفته است، هرچند رابرت بریل در سال ۱۹۹۹ م. چهار نمونه از قطعات لوله‌های شیشه‌ای موجود در موزه‌ی کرنینگ را آزمایش کرده، اما این اطلاعات را بدون هیچ تفسیری و فقط به صورت جدول عناصر منتشر کرده است (Brill, 1999: 46). تا به امروز نیز هیچ پژوهشگری بر روی این آثار مطالعه‌ای انجام نداده است.

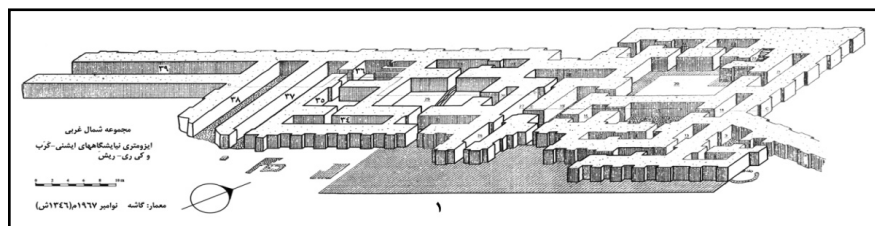
### تولیدات بدل چینی و شیشه‌ای چغازنبیل

قبل از شروع به بحث فوق، ابتدا باید به تولیدات لعابی، بدل چینی اشاره کرد که به یک‌باره به همراه شیشه‌ها در دوره‌ی عیلام میانی ظاهر شدند (پرادا، ۱۳۵۷: ۸۵)؛ این تولیدات همگی از نظر مواد اولیه و شیوه‌های ساخت، از یک خانواده محسوب می‌شوند و صنعتگران عیلامی در این زمان و دوره‌ی عیلام نو در دشت

► شکل ۲. بقایای امروزی زیگورات چغازنبیل (Google Images).



► شکل ۳. کارگاه‌ها و انبارهای الحاقی (اتاق‌های ۳۴ تا ۳۹) در نیایشگاه کی‌ری‌ریش غربی (گیرشمن، ۱۳۷۳: شکل ۵۲).



شوش به خلق آثار شیشه‌ای و بدل چینی نظیر: مُهرهای استوانه‌ای و قرصک‌های تزئینی (به شکل چشم‌های سیاه و سفید از شیشه‌ی مات) برای نشان دادن روی درها، گل‌میخ‌ها یا دیوارکوب‌های سفالی، ظروف سردیس‌وار، آجرهای لعاب‌دار و ظروف بدل چینی می‌پرداخته‌اند (Barag, 1985: 38؛ مجیدزاده، ۱۳۷۰: ۸۴-۸۱، ۹۲-۹۱). با توجه به کاوش‌های باستان‌شناسی، این محل احتمالاً یکی از مراکز شیشه‌گری در اواخر نیمه‌ی دوم هزاره‌ی دوم قبل از میلاد به‌شمار می‌رفت. کارگاه‌ها و انبارهای الحاقی<sup>۲</sup> (اتاق‌های ۳۴ تا ۳۹) نیایشگاه کی‌ری ریش غربی، الهه یا ایزدبانوی بزرگ، در کنار نیایشگاه ایشنی‌کُرب، دارای کوره‌هایی هستند که برای ساخت آثار از جمله: پیکرک‌های نذری و پیش‌کشی به نیایشگاه‌ها از گل و بدل چینی فرض شده‌اند که البته ممکن بود به‌عنوان کارگاه و کوره‌ی شیشه‌گری نیز از آن‌ها استفاده شوند (گیرشمن، ۱۳۷۳: ۱۳۰-۱۲۶، شکل ۵۷). گیرشمن در دو اتاق ۳۸ و ۳۹ در این کارگاه، قالب‌های احتمالی بدل چینی را کشف می‌کند (گیرشمن، ۱۳۷۳: ۱۱۷، ۱۳۳، شکل ۵۲). آمیه نیز بر این باور است که «کاوش‌های چغازنبیل، قابلیت‌های فنی بی‌شماری را به‌ویژه در زمینه‌ی شیشه‌گری و لعاب به‌کاررفته در تزئینات معماری نمایان ساخته است» و در ضمن توصیف نیایشگاه کی‌ری ریش، این بنا را «مشمول بر کارگاه‌های تولید» اقلام مذهبی، از جنس «خمیر شیشه» می‌داند (آمیه، ۱۳۸۹: ۱۲۲-۱۲۱).

شیشه‌های دوره‌ی عیلام میانه را می‌توان به سه گروه تقسیم کرد: الف) نمونه‌ی نادریک ظرف شیشه‌ای با فن‌آوری قالب گلی مکشوف از شوش (De Mecquenem, 1931: pl. II, Fig 4.2). ب) ۲۶ عدد مُهر استوانه‌ای شیشه‌ای از محوطه چغازنبیل کشف گردید؛ این مُهرها شامل تصاویر خدایان، قهرمانان و کمانداران و همچنین حیوانات و پرندگان است، که در موزه‌های لوور پاریس و موزه‌ی ملی ایران نگهداری می‌شوند (Roach, 2009: 29). ج) لوله‌های شیشه‌ای مکشوف از محوطه‌ی چغازنبیل که در ادامه به آن پرداخته خواهد شد.

### چگونگی کشف لوله‌های شیشه‌ای چغازنبیل

یکی از کشفیات باستان‌شناختی مهم در محوطه‌ی چغازنبیل، لوله‌های شیشه‌ای هستند که نه تنها فقط از این محوطه به‌دست آمده‌اند؛ بلکه می‌تواند تاریخچه‌ی اولیه‌ی این هنر در ایران را روشن‌تر سازد. فراوانی این لوله‌های شیشه‌ای و عدم کشف آن‌ها در خارج از محوطه‌ی چغازنبیل نشان می‌دهد که در هنگام بنای این شهر، کارگاهی ویژه‌ی تولید شیشه برپا بوده است و شیشه‌گرانی در آن به این صنعت می‌پرداخته‌اند که بسیار خلاق بوده و دست به ابداع نخستین شیشه‌ی جام جهان زده‌اند تا با آن قاب‌های چوبی درهای نیایشگاه‌ها را بپوشانند (Tait, 1991: 8-10, Fig. 2, 21-38).

در بین سال‌های ۳۹-۱۹۳۵ و ۱۹۴۶ م. (۱۳۱۴ تا ۱۳۱۸ و ۱۳۲۶ ه.ش.)، گمانه‌زنی‌های محدودی توسط دومکنم و میشلون در سطح این محوطه انجام شد و تعداد پُرشماری از این لوله‌ها که به گفته‌ی ایشان ۱۰۰ کیلوگرم وزن داشتند؛ از



▲ شکل ۴. نمونه‌های به‌دست‌آمده از بناهای موسوم به شمال غربی از کاوش‌های دومکنم و میشالون در سال ۱۹۳۹ م (۱۳۱۸ ش.)، (De Mecquenem & Michalon, 1953: fig. 20: 1-2, pl. B:1; www.mom.fr/mecquenem/photo/afficher/id

درگاه‌های موسوم به «بناهای شمال شرقی» به‌دست آمد و از این لوله‌های شیشه‌ای به‌عنوان مهره‌های شیشه‌ای (به رنگ‌های آبی تیره و سفید یا زرد) یاد می‌کردند؛ هرچند به کاربرد آن‌ها در این سازه پی نبرده بودند، اما ورق‌های مسی همراه آن‌ها را به‌عنوان بخش‌هایی از در شناسایی شده بود (De Mecquenem & Michalon, 1953: 28, 52-53, Fig. 20: 1-2, pl. B:1 (شکل ۴)).

رومن گیرشمن در ادامه‌ی کاوش‌های گروه فرانسوی، در سال‌های بعد از جنگ جهانی دوم، بین سال‌های ۱۹۵۱ تا ۱۹۶۲ م. (۱۳۳۰ تا ۱۳۴۱ ه.ش.)، با کاوش مجدد در زیگورات، قطعات زیادی از این لوله‌ها در میان بقایای درهای چوبی کشف گردید که در برخی از آن‌ها همچنان میله‌های مفرغی باقی بود، و برای نخستین بار وی کاربرد این لوله‌ها را به‌عنوان تزیین در معابد مطرح می‌کند (گیرشمن، ۱۳۷۳؛ ۱۳۷۵؛ Barag, 1985)؛ گیرشمن رنگ آن‌ها را به اشتباه سیاه‌وسفید تشخیص می‌دهد (گیرشمن، ۱۳۷۳: ۴۵)، (شکل ۵). از آنجا که پس از وی، درباره‌ی این آثار پژوهش دیگری انجام نشده است، سایر پژوهشگران، از جمله: آمیه، کارتر و مفیدی نصرآبادی نیز به نقل از وی، کاربرد آن‌ها را با جنبه‌ی تزیینی در نظر گرفته‌اند (Amiet, 1966: 338, 354; Carter, 1992: 10; Mofidi-Nasrabadi, 2004: 303).



▶ شکل ۵. نمونه‌های به‌دست‌آمده از کاوش‌های گیرشمن بین سال‌های ۱۹۵۱ تا ۱۹۶۲ م. (۱۳۳۰ تا ۱۳۴۱ ش.)، (گیرشمن، ۱۳۷۳؛ ۱۳۷۵).

گیرشمن، اتاق‌های سه جبهه‌ی طبقه‌ی اول زیگورات را انباری برای نگهداری تزیینات معماری دانسته است که تولیداتی از جمله درهای چوبی مزین به لوله‌های شیشه‌ای در آن‌ها نگهداری می‌شده تا در تزیین بناهای جدید به‌کار رود (گیرشمن، ۱۳۷۳: ۳۲). کاربرد آن‌ها نیز با توجه به محل کشف‌شان در دروازه‌های ورودی زیگورات و نیایشگاه‌های داخل و خارج از محله‌ی مقدس، به‌عنوان تزیین قاب‌های چوبی درهای این بناها فرض شده است (همان، ۱۳۷۳: نقشه‌های پایان کتاب و ضمیمه).

در حین این کاوش‌ها از محل‌های متعددی این اشیاء به‌دست آمده است؛ از جمله می‌توان به کف اتاق دروازه‌ی جنوب شرقی زیگورات اشاره کرد که مملو از

لوله‌های شیشه‌ای مات بوده است (همان، ۱۳۷۳: ۸۸-۸۶، ۹۷-۹۵). در غرب دیوار دروازه‌ی یا حصار جنوب غربی، از نیایشگاه‌های شماره‌ی ۲ و ۴ فقط قطعات خرد شده‌ی لوله‌های شیشه‌ای باقی مانده بود (همان، ۱۳۷۳: ۹۷، ۱۰۰-۹۹، لوح ۷۸، شماره‌ی ۴۵۵).

نیایشگاه‌های ایزدان گال و ایشنی‌کُرب در محوطه‌ی شمال غربی، از جمله مناطق خارج از زیگورات هستند که بر روی درهای ورودی آن‌ها این شیشه‌ها قرار می‌گرفتند. در اطراف سکویی در راهرویی در نیایشگاه ایشنی‌کُرب نیز تعداد دیگری از این اشیاء به دست آمد (همان، ۱۳۷۳: ۱۱۵-۱۱۳، ۱۲۱-۱۱۹، لوح ۵۱، شماره‌ی ۴). محل پاشنه‌ی در ورودی نیایشگاه کی‌ری‌ریش غربی با چنین لوله‌های شیشه‌ای پُر شده بود. در انبار یا اتاق شماره‌ی ۳۸، در بناهای الحاقی به این نیایشگاه که با داشتن سه کوره به عنوان کارگاه ساخت آثاری از بدل چینی شناخته شده‌اند، شش سبد مملو از لوله‌های شیشه‌ای و دوازده حلقه‌ی مفرغی که جفت جفت روی زمین چیده شده بودند، گردآوری شد. به باور گیرشمن، این اتاق محلی برای نگهداری لنگه‌درها و کلون‌ها بوده است. وی به کشف تعداد زیادی از این لوله‌ها و یکی-دوجین لوله مسی که آن‌ها هم به همان ترتیب روی زمین قرار داشتند، اشاره می‌کند؛ پیش‌تر نیز دو ممکنم و میشالون در اتاق شماره‌ی ۳۸ در همین مکان، این آثار را یافته بودند (گیرشمن، ۱۳۷۳: ۱۳۰-۱۲۶، شکل ۵۷؛ De Mecquenem & Michalon, 1953: 28, 52-53, Fig. 20:1-2, pl. B:1).

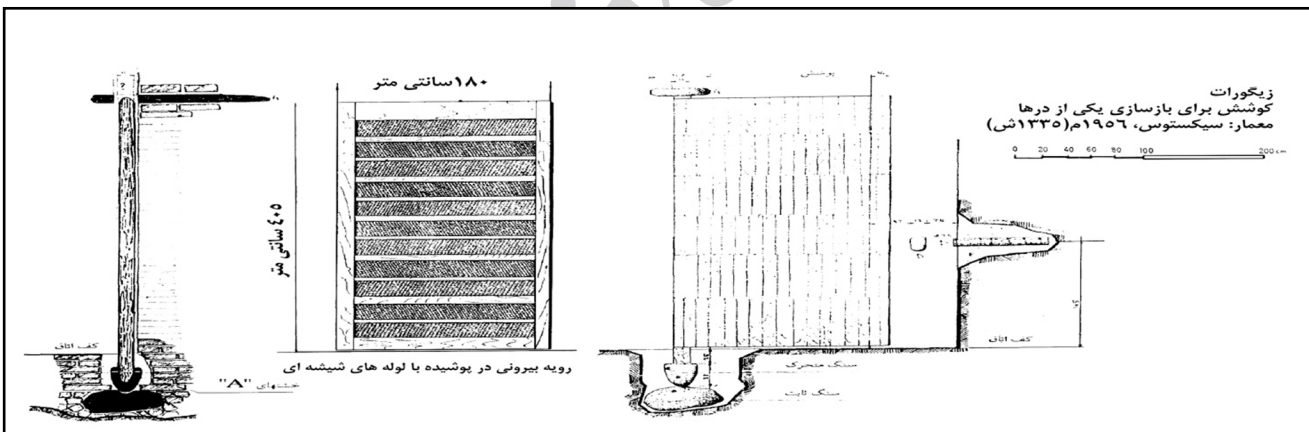
در دالان نیایشگاه کی‌ری‌ریش شرقی نیز نمونه‌های مشابهی بر روی زمین پیدا شد که در همان زمان توسط تانیا گیرشمن<sup>۳</sup> در قاب‌های چوبی قرار گرفت و به موزه‌های لوور و ایران باستان منتقل شد (Amiet, 1966: 338, 354-355, pl. 262).  
گیرشمن، ۱۳۷۳: ۱۳۵-۱۳۴، لوح ۵۲، تصاویر ۲ و ۳).

در بیشتر نیایشگاه‌های محله‌ی مقدس که شامل محوطه‌ی چهارگوش در مرکز شهر است، این‌گونه لوله‌های شیشه‌ای به دست آمده‌اند. در نیایشگاه ایزد بانوی پی‌نی‌کیر، این لوله‌ها در درهای چوبی دولنگه قرار داشته‌اند. درهای دو لنگه‌ای نیایشگاه آدد و شالا، دومین؛ و نیایشگاه شیموت و بلت-الی، سومین نیایشگاه این مجموعه نیز با چنین لوله‌هایی زینت یافته بودند (گیرشمن، ۱۳۷۵: ۲۶-۲۵، ۳۱-۳۰، لوح ۷۴، شماره‌ی ۹۶۹؛ پاتس، ۱۳۸۵: ۳۴۵-۳۴۴). نیایشگاه نِپراتِپ، شامل چهار نیایشگاه کوچک است که از سایر نیایشگاه‌های یادشده، جداست. هر یک از این نیایشگاه‌های دارای دری به عرض ۲/۲۰ سانتی‌متر بوده‌اند که از دو لنگه تشکیل شده‌اند. کاوشگر در اینجا تأکید می‌کند که قطعات متعدد لوله‌های شیشه‌ای برای تزئین درهای نیایشگاه‌ها کشف شده است؛ وی، همچنین می‌گوید سبدهای متعددی در کاوش به دست آمد که با این آثار پُر شده بود (گیرشمن، ۱۳۷۵: ۳۶-۷). در حیاط الف و اتاق شماره‌ی ۶ در محله‌ی شاهی در کاخ-آرامگاه زیرزمینی نیز لوله‌های فوق به دست آمده که برای تزئین درهایی که روبه حیاط باز می‌شده و احتمالاً دارای دو لنگه بوده‌اند، به کار رفته بودند. اتاق شماره‌ی ۱۹ وابسته به همین حیاط نیز از جمله اتاق‌های این مجموعه است که در آن لوله‌های

شیشه‌ای پیداشده‌اند (همان: ۶۸، ۷۶-۷۷، لوح ۸۶، شماره‌های ۷۶۶، ۸۳۳ و ۷۹۳)، (شکل ۶).

گیرشمن در اتاق شماره‌ی ۱۲ کاخ شماره‌ی ۳، یکی از این لوله‌ها که میله‌ی مفرغی در آن باقی مانده و دو سر آن به هم فشرده شده است را به تصویر کشیده است (گیرشمن، ۱۳۷۵: ۱۰۹-۱۰۵، ۲۰۸، لوح ۵۰، تصاویر شماره‌ی ۱ و ۳).

اما مهم‌ترین کشف در ارتباط با این لوله‌های شیشه‌ای در همان روزهای نخست کاوش فصل سوم چغازنبیل که از ۲۲ نوامبر سال ۱۹۵۳ م. (آبان سال ۱۳۳۲ ش.)، آغاز شده بود، بخش زیرین یک در چوبی یک‌لنگه‌ای از طبقه‌ی نخست جبهه‌ی جنوب شرقی زیگورات و درنمایشگاه اینشوشناک ب، کشف شد. در هنگام کاوش، هنوز قسمت زیرین این در، تخته‌بندی و تزیینات آن که همان لوله‌های شیشه‌ای بوده، به خوبی دیده می‌شده، اما چوب آن با اندک تماس تبدیل به گرد می‌شده است؛ که بعد از حفاظت اولیه توسط تانیا گیرشمن آن را در صندوقی گذاشته و به موزه‌ی ایران باستان منتقل کردند. در سال ۱۹۵۶ م. (۱۳۳۵ ه.ش.)، معماری به نام «سیکستوس»، بر پایه‌ی همین بقایای موجود، به بازسازی آن به شکل طرحی خطی پرداخت و این طرح را گیرشمن منتشر کرد. تانیا گیرشمن سیزده سال بعد در سال ۱۹۶۶ م. (۱۳۴۵ ه.ش.)، در کتاب خاطرات خود که در سال ۱۹۷۰ م. (۱۳۵۰ ه.ش.) در فرانسه به چاپ رسیده، چگونگی این کار را شرح داده است (گیرشمن، ۱۳۷۳: ۴۷-۴۴، لوح ۲۵، شماره‌ی ۱ و شکل‌های ۱۹-۲۰؛ گیرشمن، ۱۳۸۹: ۲۸۷، ۲۹۳-۲۹۰، تصاویر ص ۵۸۴)، (شکل ۶ و ۷).



▲ شکل ۶. طرح بازسازی شده‌ی یکی از درها (گیرشمن، ۱۳۷۳: شکل ۲۰).

هرچند تلاش‌های تانیا گیرشمن برای بازسازی این درها قابل انکار است، اما به نظر نمی‌رسد که موشکافی عمیقی در این بازسازی‌ها وجود داشته و تا حد زیادی سلیقه‌ای بوده است؛ حتی اگر به جای قابی شبیه پنجره‌ی دو لنگه‌ی عمودی، این لوله‌ها در ردیف‌های افقی قاب می‌شدند، تصویری ملموس‌تر از آنچه در موزه‌های لوور و ایران باستان وجود داشت، مشاهده می‌شد. این شیشه‌ها به صورت افقی و به وسیله‌ی قطعه‌ای چوب که از داخل لوله‌ی شیشه‌ای عبور می‌کرد، درون قاب‌های تعبیه شده بر روی در قرار می‌گرفته‌اند.

## روش ساخت

لوله‌های توخالی درهای چوبی دولنگه، برخی از نیایشگاه‌ها و زیگورات آل-اونت‌ش-نپیریش، از شیشه‌ی نیمه شفاف به رنگ‌های آبی تیره‌ی مایل به بنفش که نواری پهن از شیشه‌ی سفیدرنگ به دور هر یک ماریچ شده بود، جای گرفته‌اند. سطح آن‌ها دچار هوازدگی و پدیده‌ی قوس و قزحی<sup>۴</sup> شده است و با ظاهری سیاه رنگ که نوار سفیدرنگ به دور آن‌ها پیچیده شده، به چشم می‌خورد. همین سیاهی سطح آن‌ها، احتمالاً باعث گمراهی گیرشمن و همچنین آمیه در تشخیص رنگ این آثار شده است. این لوله‌ها با روش قالب-میله‌ای به کمک میله‌ای مفرغی که نقش قالب داشته است، تولید شده و در برخی از آن‌ها میله‌ی مفرغی باقی مانده است. در این روش برای ساخت این لوله‌ها، با میله‌ای فلزی مقداری مایع مذاب برداشته می‌شده و با غلتاندن بر سطحی صاف به شکل لوله‌ای درمی‌آمده است. پس از آن، فتیله‌ی نسبتاً ضخیمی از شیشه که در این مورد به رنگ سفید بوده روی لوله‌ی تازه ساخته شده و گرم پیچیده می‌شده و سپس آن را روی سطح صاف می‌غلتانده‌اند تا کاملاً آن رشته‌ی افزوده، پهن و جذب بدنه شود و به شکل نواری ماریچی درآید. میانگین طول این لوله‌ها بین ۲۵ تا ۲۸ سانتی‌متر و قطر آن‌ها نزدیک به ۲ سانتی‌متر است و بنابه محل کار گذاشتن آن‌ها در اندازه‌های کوتاه‌تر ساخته و یا بریده شده‌اند (Amiet, 1966: 338; Barag, 1985: 38, 47; Ghirshman, 1963: 20-21).

برخی از قطعات باقی مانده چنین می‌نمایند که دو طرف لوله‌ها به هم برآمده و باریک شده‌اند تا شاید در سوراخ‌های تعبیه شده در قاب چوبی محکم شوند (شکل ۷). این لوله‌ها، نور روز را به قدر کافی از خود عبور می‌داده‌اند و به نظر می‌رسد که برای تلطیف نور شدید خورشید در این منطقه است که نوار سفیدرنگ را به دور لوله‌ها پیچیده‌اند.

## سرنوشت لوله‌های شیشه‌ای و پراکنده شدن آن‌ها در جهان

تعدادی از این لوله‌های شیشه‌ای هم‌اکنون در سراسر جهان پراکنده و وارد موزه‌های شناخته شده‌ی جهان شده‌اند، از جمله به بررسی آثار موجود در ۱۲ موزه می‌توان پرداخت که یا از کاوش‌ها مستقیماً به دست آمده‌اند و یا توسط برخی افراد اهدا و خریداری شده است که البته چگونگی راه‌یابی در برخی موزه‌ها نامشخص است؛ از آن جمله می‌توان به: موزه‌ی لوور، موزه‌ی ملی ایران، انبارهای قلعه‌ی فرانسویان در شوش، موزه‌ی آبگینه و سفالینه‌های ایران، موزه‌ی دفینه، موزه‌ی گرنینگ، موزه‌ی پل‌گتی لس‌آنجلس، موزه‌ی بریتانیا، موزه‌ی سلطنتی انتاریو، موزه‌ی هارتز در فلسطین اشغالی، موزه‌ی آثار شرقی اوکایاما و موزه‌ی اشمولین، اشاره نمود که توضیحات بیشتر در جدول ۱ بیان شده است.



▲ شکل ۷. نمونه‌های قاب شده توسط تانیا گیرشمن، منتقل شده به موزه ایران باستان (عکس از بخش مرمت موزه ملی ایران).

## پیشینه‌ی مطالعات آزمایشگاهی شیشه‌های باستانی به روش فلئورسانس

### پرتو مجهول

امروزه با گسترش دانش بشری و به‌کارگیری علوم مهندسی در باستان‌شناسی،



جدول ۱. لوله‌های شیشه‌ای پراکنده در جهان که نگارندگان موفق به شناسایی آن‌ها شده‌اند. ▼

ردیف	مکان نگهداری	تعداد قطعه‌ها	شماره‌ی اموال یا موزه	کاوش	هدا یا خریداری
۱	موزه لوور، پاریس	؟	؟	•	
۲	موزه ملی ایران، تهران	۱۰۵	۴۷۰۸	•	
۳	انبارهای قلعه فرانسویان در شوش	؟	؟	•	
۴	موزه آبگینه و سفالینه‌های ایران، تهران	۱۳	؟	•	تعداد اهدایی ؟
۵	موزه دفینه، تهران	۲۹	؟	•	؟
۶	موزه شیشه کُرنینگ، نیویورک	۱۳	؟	•	ری وین فیلد اسمیت
			۵۵/۱/۵۷	•	عباس مزدا
			۶۶/۱/۲۴	•	ری وینفیلد اسمیت
			۷۶/۱/۲۸	•	کارل برکوویتز و درک کانتنت هدا به مجموعه ری وینفیلد اسمیت
۷	موزه پل گتی، لوس آنجلس	۴	۸۶/ AF/۵۲۲	•	؟
۸	موزه بریتانیا، لندن	۵	۱۹۶۸، ۰۴۲۵/۲-۱	•	هلن مورو-تره
			۲۰۰۰، ۰۳۲۸/۱۷ و ۲۰۰۰، ۰۳۲۸/۱۶	•	مری آنا مارتن
			۲۰۱۳، ۶۰۰۳/۱	•	سر راجر بنتام استیونس
۹	موزه سلطنتی انتاریو، کانادا	۲	۹۶۱، ۱۷۶۸ الف-ب	•	؟
۱۰	موزه هارتز، تل‌آویو	۲۳	؟	•	؟
۱۱	موزه آثار شرقی اوکایاما، ژاپن	؟	؟	•	؟
۱۲	موزه اشمولین، انگلیس	۱	۱۹۴۹/۸۰۴	•	تئودور برتون بروان

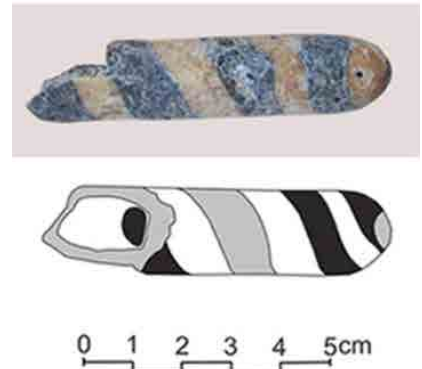
De Mecquenem & Michalon, 1953: 28, 52-53, fig. 20: 1-2, pl. B; Mofidi-Nasrabadi: 2004; 303, 773, no. 477<sup>s</sup>; *Glass from the Ancient World*, ۱۳۷۳: اشکال ۲۰-۱۹، الواح ۲۵، تصویر ۱، ۵۱، تصویر ۴، ۵۲، تصاویر ۲ و ۳، ۷۸، شماره‌ی ۴۵۵؛ ۱۳۷۵: الواح ۵۰، تصاویر ۱-۳، ۷۴، شماره‌ی ۹۶۹، ۸۶، شماره‌های ۷۶۶، ۸۳۳ و ۱۳۸۳؛ ۶۹: [www.britishmuseum.org/research/collection\\_online.aspx](http://www.britishmuseum.org/research/collection_online.aspx)  
[www.RoyalOntarioMuseum/GoWithTheFlowTechnology&EarlyGlassRobertMason](http://www.RoyalOntarioMuseum/GoWithTheFlowTechnology&EarlyGlassRobertMason); [www.cmog.org/collection](http://www.cmog.org/collection)  
[www.britishmuseum.org/research/collection\\_online.aspx](http://www.britishmuseum.org/research/collection_online.aspx); Lessing Archive: 08-02-07/17  
 Catalogue: Ancient Glasses, 2001, illustrated on p. 21; [www.britishmuseum.org/research/collection\\_online.aspx](http://www.britishmuseum.org/research/collection_online.aspx)

رشته‌ای با عنوان «باستان‌سنجی» شکل‌گرفته است. این دانش در مطالعه‌ی شیشه‌های باستانی کمک‌های شایانی به پژوهشگران می‌کند؛ از جمله‌ی این کمک‌ها، می‌توان به بررسی: عناصر سازنده، رنگ دانه‌های معدنی، آسیب‌شناختی و چگونگی ساخت شیشه در عهد باستان پرداخت. یکی از روش‌های آنالیز مواد باستانی، خصوصاً شیشه، روش «فلئورسانس پرتو مجهول» است که مانند تمامی دیگر روش‌های تجزیه‌ای مفید بوده است؛ کاربرد فلئورسانس پرتو مجهول، تکیه بر انبساط درونی ضعف پوسته (پوسته‌های K, M, L) دارد. تحولاتی که بر اتم‌ها سبب انتشار علائمی از اندک انرژی پرتو مجهول می‌شود، برای تحلیل شیشه‌هایی با قدمت بیش از ۵۰ سال مناسب است (Rijksuniversiteit, 1957: 154).

این روش بر روی مواد باستانی، به منظور شناخت ترکیبات شیمیایی و مواد تشکیل دهنده‌ی آن انجام می‌گیرد؛ از جمله‌ی این آزمایش توسط «ای. وی. سائر» از بخش شیمی آزمایشگاه ملی بروک هاون لانگ آیلند در نیویورک<sup>۷</sup> و «ری وینفیلد اسمیت» از کمیته‌ی بین‌المللی شیشه‌های باستانی در دوبلین در نیوهامپشایر<sup>۸</sup> انجام و نتایج آن منتشر شده است (Sayre & Smith, 1961: 1824-6).

علاوه بر تجزیه و تحلیل مواد اولیه‌ی شیشه‌ها، در مورد رنگ دهنده‌ها و رنگ برنده‌ها (Handerson, 2013) و همچنین کمک به میزان اندازه‌گیری درجه‌ی پخت شیشه‌های باستانی نیز می‌توان از روش فلئورسانس پرتو مجهول استفاده نمود (Freestone, 2005; Shugr & Rehren, 2002).

اما مهم‌ترین کتاب چاپ شده در زمینه‌ی آنالیز شیشه‌های باستانی در جهان، مجموعه‌ی سه جلدی «رابرت بریل» است که به آزمایش شیشه‌های باستانی تا قرون وسطی در مجموعه‌های موجود در موزه‌ی شیشه‌ی گرنینگ اختصاص یافته است. بریل، از نخستین پژوهشگرانی است که از دهه‌ی ۱۹۶۰ م. به تجزیه‌ی عناصر شیشه به روش فلئورسانس پرتو مجهول، فعال‌سازی نوترونی<sup>۸</sup> و تجزیه‌ی ایزوتوپ‌های عناصر شیشه پرداخته است (Brill & Wampler, 1967).



▲ شکل ۸. نمونه‌ی مطالعاتی در دانشگاه تربیت مدرس (تصویر و طرح از نگارندگان، ۱۳۹۶).

### بحث و بررسی نمونه

با توجه به اهمیت زیاد لوله‌های شیشه‌ای چغازنبیل به عنوان یکی از قدیمی‌ترین شیشه‌هایی که ساخت آن‌ها در ایران شناخته شده است، نمونه‌ای از این نوع شیشه‌ی باستانی جهت شناخت عناصر تشکیل دهنده‌ی آن، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این آزمایش به روش فلئورسانس پرتو مجهول (XRF) به تجزیه‌ی عناصر شیمیایی ترکیبات سازنده‌ی آن پرداخته شده است. آزمایش فوق با دستگاه Philips-PW2404 در آزمایشگاه دانشکده علوم دانشگاه تربیت مدرس و بر روی یک نمونه‌ی موجود در انبارهای قلعه‌ی شوش انجام گرفته است (شکل ۸) که قابل مقایسه با ۴ نمونه‌ی آزمایش شده توسط بریل در مجموعه‌ی موزه‌ی شیشه‌ی گرنینگ است (جدول ۲).

### بررسی منابع سیلیس

بر اساس این اندازه‌گیری‌ها، درصد وزنی اکسید سیلیس تشکیل دهنده در نمونه‌های مناطق مختلف جهان که حدود ۶۵ تا ۷۰ درصد است (Henderson, 2013)؛ این عنصر در نمونه‌های چغازنبیل موزه‌ی کورنیگ بین ۶۳٫۳۸-۶۵٫۹۲ درصد بوده، در نمونه‌ی مورد مطالعه نیز به میزان ۶۵٫۱۹ درصد است. برای شناخت بیشتر منابع سیلیسی باید دو عنصر آلومینیوم و آهن را به عنوان مواد ناخالص وارد شده در سیلیس، مورد بررسی قرار داد؛ برخی از منابع سیلیسی تقریباً خالص (حدود ۲ تا ۳ درصد آلومینیوم) و تعدادی دیگر بسیار ناخالص (حدود ۵ تا ۶ درصد آلومینیوم) بوده‌اند (Lima et al., 2012: 1238). در شکل ۹، میزان اکسید آلومینیوم در نمونه‌های کورنیگ بین ۱٫۵۰-۱ درصد است؛ این درحالی‌ست که نمونه‌ی

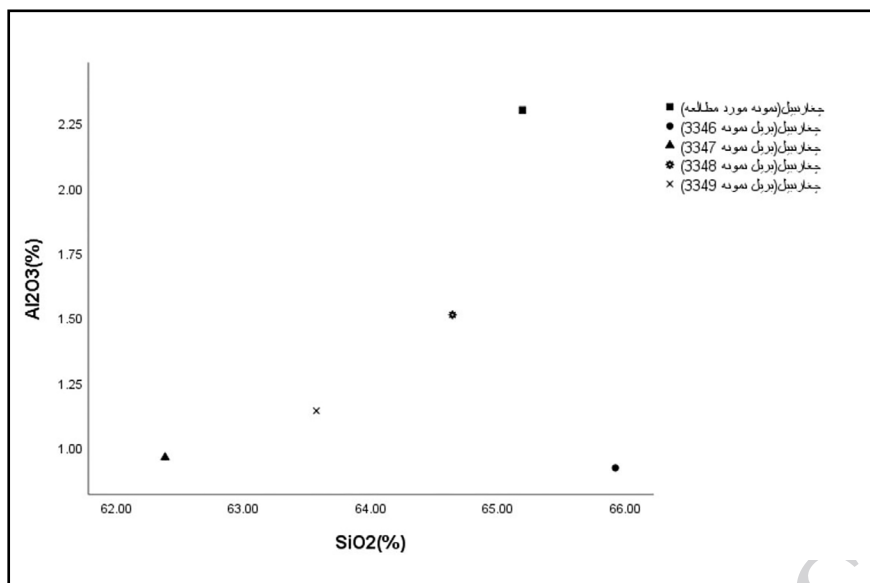
► جدول ۲. عناصر مشاهده شده در آنالیز XRF لوله‌های شیشه‌ای چغازنبیل موجود در انبار قلعه‌ی شوش (آزمایشگاه دانشکده علوم، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۹۵) و موزه شیشه‌کرنینگ (Brill, 1999: Vol.2, p.46).

عنصرهای تشکیل دهنده	موزه شوش عیلام (چغازنبیل)	موزه شیشه‌کرنینگ عیلام (چغازنبیل)			
		Sample Nos.			
(%)	Sample No.934	3346	3347	3348	3349
SiO <sub>2</sub> اکسید سیلیسیم/شن	65.19	65.92	62.38	64.64	63.57
CaO اکسید کلسیم/ آهک	11.077	10	16.4	10.92	14.98
Na <sub>2</sub> O اکسید سدیم/سودا	8.79	14.4	13	12.97	11.23
MgO اکسید منیزیم	4.27	4.2	4.13	4.62	4.43
K <sub>2</sub> O اکسید پتاسیم	2.57	3.66	2.15	2.97	2.32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> اکسید آلومینیم	2.30	0.92	0.96	1.51	1.14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> اکسید آهن	0.84	0.41	0.42	1.05	1.11
TiO <sub>2</sub> اکسید تیتانیم	آثار ناچیز	0.05	0.05	0.05	0.05
Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> اکسید آنتیموان	-	0.02	0.02	0.03	0.03
MnO اکسید منگنز	آثار ناچیز	0.02	0.02	0.088	0.074
CuO اکسید مس	0.02	0.02	0.03	0.088	0.02
Ag <sub>2</sub> O اکسید نقره	-	0.001	0.001	0.001	0.001
PbO اکسید سرب	-	0.1	0.2	0.8	0.8
BaO اکسید باریوم	-	0.008	0.008	0.008	0.008
SrO استرانسیم	0.04	0.02	0.08	0.03	0.03
Li <sub>2</sub> O اکسید لیتیم	-	0.005	0.001	0.01	0.008
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> اکسید بور	-	0.01	0.02	0.02	0.02
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> اکسید وانادیم	-	0.002	0.001	0.001	0.001
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> اکسید کروم	آثار ناچیز	0.003	0.002	0.001	0.001
NiO اکسید نیکل	آثار ناچیز	0.003	0.008	0.002	0.002
ZnO اکسید روی	آثار ناچیز	0.01	0.021	0.0047	0.017
ZrO <sub>2</sub> اکسید زیرکنیم	-	0.01	-	-	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> اکسید فسفر	۲۰.	0.2	0.1	0.19	0.17
Cl کلرید	۸۰.	-	-	-	-
SO <sub>3</sub> تری اکسید سولفور	۸۰.	-	-	-	-
Co کبالت	آثار ناچیز	-	-	-	-
Br بروم	آثار ناچیز	-	-	-	-
Rb روبیدیوم	آثار ناچیز	-	-	-	-
Y ایتریوم	آثار ناچیز	-	-	-	-
Ta تانتال	آثار ناچیز	-	-	-	-
W تنگستن	آثار ناچیز	-	-	-	-
L.O.I مقدار کاهش در اثر سوزاندن (مواد آلی در خاک)	3.04	؟	؟	؟	؟

موردپژوهش ۲،۳۰ درصد است که نشان می‌دهد که منابع سیلیس شیشه‌ها به یکدیگر شبیه هستند (شکل ۹).

### بررسی منابع قلیا

برای کم کردن دمای ذوب شیشه از قلیا استفاده می‌شود؛ قلیا در مواقع همان مواد گدازه‌آوری است که به شکل ترکیبات سدیم و پتاسیم در خاکستر گیاهان و ناترون (نمک معدنی) قرار دارد. تا قبل از ۸۰۰ ق. م. معمولاً از خاکستر گیاهان برای پایین آوردن درجه‌ی پخت شیشه استفاده می‌شد، این عناصر با سیلیس تعامل پیدا کرده و دمای ذوب آن‌را از ۱۷۱۰ تا ۱۷۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به دمای قابل کنترل‌تر ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد برای شیشه‌های سودا-آهک می‌رساند (Henderson, 2013). این درحالی‌ست که اگر میزان درصد وزنی اکسید منیزیم و اکسید پتاسیم موجود در نمونه‌های شیشه، کمتر از ۱/۵ درصد باشد، آن نمونه‌ها از نوع شیشه‌های

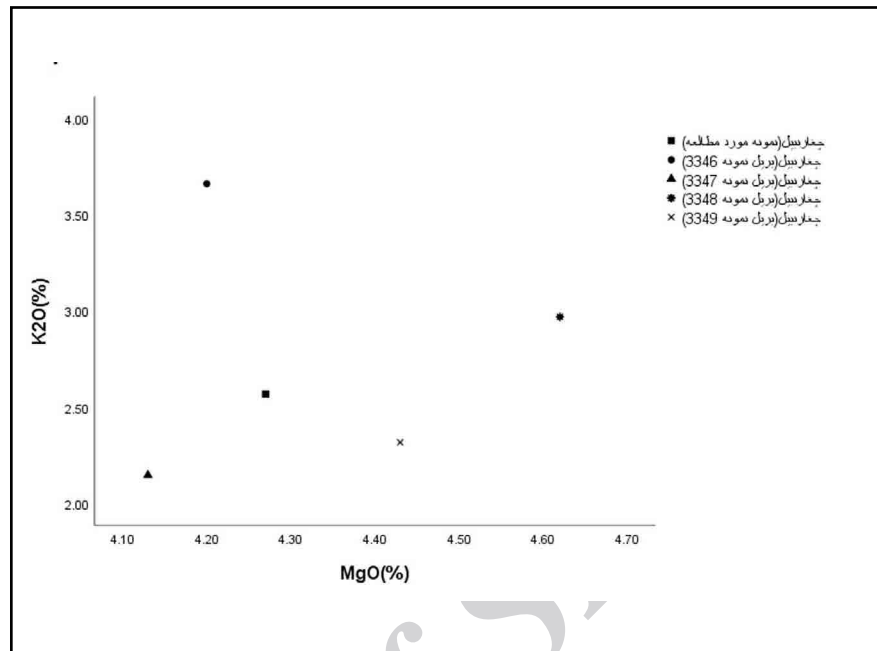


شکل ۹. تغییرات درصد وزنی اکسید سیلیس برحسب اکسید آلومینیوم نمونه‌ی چغازنبیل با میانگین نمونه‌های گرینینگ (Brill, 1999: 46).

ناترونی محسوب می‌شود؛ اما اگر میزان اکسید منیزیم و اکسید پتاسیم موجود در نمونه‌ها بین ۱/۵ تا ۲/۵ درصد باشد، منبع تأمین سودا در این نوع شیشه‌ها، از نوع ترکیب ناترون و خاکستر خواهد بود. همچنین اگر میزان اکسید منیزیم و اکسید پتاسیم موجود در نمونه‌های شیشه بیشتر از ۲/۵ درصد باشد، این شیشه‌ها از نوع شیشه‌هایی خواهد بود که منبع تأمین اکسید سدیم آن، خاکستر حاصل از گیاهان رشد یافته در خاک‌های شور بوده است؛ برای نمونه، می‌توان از گون نام برد، این گیاه در خاک‌های خوزستان می‌روید و همواره مورد استفاده‌ی عشایر قرار می‌گیرد. شیشه‌های که سودای آن‌ها از خاکستر گیاهی است، براساس میزان سدیم و پتاسیم آن‌ها به دو دسته‌ی سدیمی و پتاسیمی تقسیم می‌شوند (Shortland & Taite, 2000). مواد قلیایی در نمونه‌های چغازنبیل، همگی از نوع خاکستر گیاهی بوده است و به‌طور کلی گیاه و خاک محل رشد آن، ترکیبات یکسان و یا مشابهی را به شیشه وارد می‌کند؛ با بررسی، مشخص شد که به‌استثنای نمونه‌ی ۳۳۴۶، مقادیر نسبتاً برابری در میان نمونه‌ی مورد مطالعه و نمونه‌های گرینینگ وجود دارد که نشان می‌دهد که منابع سودای آن‌ها، می‌تواند یکی باشد و با توجه به میزان بالای منیزیم آن‌ها، از نوع گیاهان رویش یافته در خاک‌های شور است. خصوصیات حیاتی گیاهان هالوفیتیک (نمک دوست) به دلیل وجود مقادیر کافی کربنات سدیم، برای ساخت شیشه مناسب است (شکل ۱۰).

### بررسی مواد استحکام بخش

به منظور کاهش تأثیر منفی سودا بر مقاومت کششی شیشه، به آن تثبیت‌کننده‌هایی مانند اکسید کلسیم و مقادیر اندکی منگنز و آلومینیوم اضافه می‌کردند؛ اما وقتی کلسیم کافی در ماده‌ی خام وجود داشت، دیگر لزومی بر اضافه نمودن آهنک به صورت پیمانانه به ترکیب شیشه نبود؛ چراکه موجب تخریب پوسته‌های شن می‌شد (Antonaras, 2012: 6).



► شکل ۱۰. تغییرات درصد وزنی اکسید منیزیم برحسب اکسید پتاسیم نمونه‌ی چغازنبیل با میانگین نمونه‌های کُرنینگ (Brill, 1999: 46).

منابع کلسیم، گاهی اوقات صورت سنگ‌های کوارتز به ترکیب شیشه اضافه می‌شد و گاهی نیز همان طور که گفته شد، شن‌ها ذاتاً دارای مقادیری آهک بود؛ مثلاً شن‌های رودخانه‌ی بلوس، دارای آهک بودند و لزومی به اضافه نمودن آهک (۸٫۷ درصد کربنات کلسیم) به آن‌ها نبود. البته در متون بابلی بین‌النهرین به «ایماناکو»<sup>۳</sup> اشاره دارد که همان قلوه‌سنگ‌های خرد کوارتزی در کف رودخانه‌ها است که در فرآیند تولید از آن‌ها استفاده می‌شده است (Davison, 2006: 136). یکی دیگر از این منابع صدف و یا حلزونی دریایی است که به عنوان منبع کلسیم (با فسفر کم) در شیشه‌گری استفاده می‌شود و همچنین گاهی از خاکستر استخوان به عنوان منابع کلسیم استفاده می‌شد (Henderson et al., 2004: 459). میزان اکسید کلسیم در لوله‌های شیشه‌ای بین ۱۰ الی ۱۶ درصد را نشان می‌دهد که از میانگین شیشه‌های دیگر بالاتر است، بنابراین شیشه‌گران عیلامی برای افزایش میزان مقاومت این شیشه‌ها تعمداً از کوارتز استفاده کرده‌اند؛ چراکه این شیشه‌ها معمولاً درجایی قرار می‌گرفتند که به دلیل باز و بسته شدن درها احتمال شکنندگی آن‌ها بالا می‌رفت، بنابراین آن‌ها در ترکیب‌های این شیشه‌ها از میزان بالاتری آهک برای افزایش میزان مقاومت این شیشه‌ها استفاده می‌کردند. مورد استفاده در لوله‌های شیشه‌ای چغازنبیل احتمالاً کوارتز است؛ چراکه در صنایع دیگر، همچون بدل چینی از آن استفاده می‌کردند.

### مواد رنگ‌زا

تهیه‌ی رنگ شیشه‌ها معمولاً برخلاف دیگر هنرها کار ساده‌ای نیست و احتمالاً در کارگاه‌های شیشه‌گری در دوره‌ی عیلام میانه، نخبگانی که با رنگ‌دانه‌ها و اکسید فلزات آشنا بودند، برای تهیه‌ی رنگ‌های مختلف شیشه‌ها گماشته می‌شدند.

لوله‌های شیشه‌ای چغازنبیل دارای رنگ آبی تیره‌ی مایل به بنفش تیره (بادمجانی) هستند و در اثر هوازدگی و قوس و قزح شدن سطح آن به سیاهی گراییده است. برای شناخت از دلیل به وجود آمدن رنگ آبی در این شیشه‌ها، می‌توان به سه عامل اشاره کرد: ۱- اگر آهن سه ظرفیتی در ترکیب باشد ( $Fe^{3+}$ ) طیف رنگی از زرد و یا قهوه‌ای می‌دهد، گوگرد در خاکستر گیاهان ترکیبات غنی از سولفات‌ها را به وجود می‌آورد و هنگام ترکیب با سولفید آهن یک رنگ‌دهنده‌ی قوی محسوب می‌شود و رنگ زیتونی به شیشه می‌دهد و با کاهش شرایط رنگ این شیشه‌ها به رنگ آبی درمی‌آید (Brill & Schreurs, 1988: 270-75). ۲- درصد ناچیز اکسید کبالت (لاجورد) در این نمونه که شاید اتفاقی بوده و پتانسیل منجر به خلق طیفی از رنگ آبی را دارد؛ چراکه اکسید کبالت رنگ‌ساز بسیار قوی است و چند جزء در میلیون آن برای تولید این سایه رنگ کافی است و فقط ۱۰-۱۰۰ ppm از آن نیز می‌تواند رنگ آبی تیره تولید کند، همان‌طور در شیشه‌های آبی تیره‌ی مصری و میان‌رودانی از آغاز هزاره‌ی دوم قبل از میلاد به کار رفته است. علاوه بر این، کبالت می‌تواند باعث به وجود آمدن رنگ سیاه شود (Davison, 2006: 7). ۳- اکسید مس اگر به همراه اکسید سدیم و پتاسیم در شیشه باشد، معمولاً طیفی از رنگ آبی فیروزه‌ای را به وجود می‌آورد (Ibid: 77). با توجه به مطالب که بالا ذکر گردید، رنگ آبی تیره‌ی این شیشه‌ها به عوامل ۱ و ۳ مرتبط است، اما برای مطالعات دقیق‌تر می‌توان از طیف‌سنجی رامان<sup>۱۰</sup> استفاده کرد.

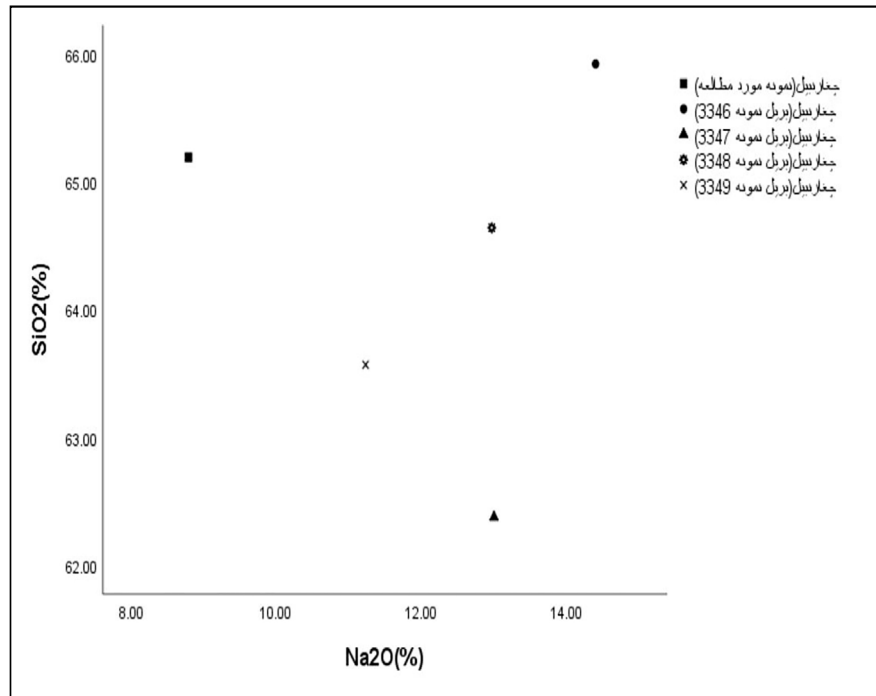
### نظام پیمانانه بندی

برای تشخیص میزان دستورالعمل‌های پیمانانه‌ای به کار رفته در ترکیبات شیشه‌ها، معمولاً از میزان تفاوت وزنی دو عنصر اصلی ساخت شیشه، یعنی سدیم بر حسب سلیس می‌توان استفاده نمود (Freestone et al., 2000). همان‌طور که در شکل ۱۱ مشخص گردید، میزان سلیس بین ۶۲ تا ۶۶ درصد و میزان سدیم بین ۸ الی ۱۴ درصد بوده است؛ هرچند میان آن‌ها اختلاف جزئی دیده می‌شود، اما مقادیر، نشان‌دهنده‌ی این است که شیشه‌گران احتمالاً از یک نظام واحد پیمانانه بندی برای ساخت شیشه‌ها استفاده می‌کردند.

### نتیجه‌گیری

لوله‌های شیشه‌ای چغازنبیل که به‌عنوان قدیمی‌ترین شیشه‌ی جام در دنیا شناخته می‌شوند، از اهمیت فراوانی در تاریخ شیشه‌گری برخوردار است و به همین علت در موزه‌های مختلف دنیا این آثار وارد شده است. لوله‌های فوق که برای تزئین درهای معابد عیلام میانه (۱۲۸۰ ق. م.) مورد استفاده قرار می‌گرفت، کاملاً با فن مستقل از مراکز شیشه‌گری دنیای آن روز همچون مصر و بین‌النهرین ساخته شده است. وجود قالب‌های مفرغی درون برخی از شیشه‌ها در محوطه‌ی کاوش، نشان می‌دهد که این لوله‌ها احتمالاً در کارگاهی در حوالی چغازنبیل تولید شده‌اند؛ علاوه بر آن نتایج به دست آمده از نمونه‌ی مورد مطالعه به روش فلئورسانس پرتو مجهول





► شکل ۱۱. تغییرات درصد وزنی اکسید سیلیسیم برحسب اکسید سدیم نمونه‌ی چغازنبیل با میانگین نمونه‌های گرنینگ (Brill, 1999: 46).

(XRF) و مقایسه‌ی آن با چهار نمونه‌ی گرنینگ که توسط بریل مورد آزمایش قرار گرفته بود، نشان می‌دهد که شیشه‌گران عیلامی کاملاً با هدف به ساخت این شیشه‌ها مبادرت می‌ورزیدند، میزان کلسیم بالا نشان از رویه‌ی آن‌ها برای افزایش مقاومت شیشه‌ها بود؛ چراکه این شیشه‌ها به دلیل آن‌که بر روی درهای معابد تعبیه می‌شد، باید مقاوم‌تر از شیشه‌های عادی باشند. پس از بررسی تغییرات وزنی اکسید منیزیم به نسبت پتاسیم مشخص شد که منبع تأمین سودای این شیشه‌ها خاکستر حاصل از گیاهان رشد یافته در خاک‌های شور بوده است. افزایش یا کاهش مقدار اکسیدهای فلزی به عنوان عناصر رنگی می‌تواند باعث تغییر رنگ و سایه‌رنگ‌های متفاوت شده باشد، یکی از خواص اکسیدهای فلزی در ترکیب اولیه‌ی شیشه این است که با تغییر اندکی در میزان افزودن اکسیدهای فلزی طیف‌های رنگی گوناگونی پدید می‌آید، اما علت رنگ آبی لوله‌های شیشه‌ای چغازنبیل تحت تأثیر دو عامل بوده است؛ نخست، اکسید مس اگر با پتاسیم و سدیم همراه شود طیف رنگی آبی فیروزه‌ای را از خود بروز می‌دهد و دومین و مهم‌ترین علت به وجود آمدن این رنگ از ترکیب آهن سه ظرفیتی با گوگرد موجود در خاکستر گیاه است که طیفی از رنگ آبی را به وجود می‌آورد. میزان پیمان‌بندی مواد اولیه در شیشه‌های چغازنبیل نشان از دست‌ورالعمل یکسان و نظارت بر روی تولید این شیشه‌ها توسط استادکاران در معبد چغازنبیل در سده‌ی ۱۳ ق.م. دارد.

## پی‌نوشت

۱. «شیشه‌ی جام» اصطلاحی است برای شیشه‌ی لوحی و مسطح که بر روی درها، پنجره‌ها و نورگیرها به‌کار می‌رود. گفته شده این نوع شیشه در آغاز سده‌ی نخست میلادی در روم باستان ابداع شده است، حال آن‌که در دور-اوتنش در

حدود ۱۳۰۰ سال پیش از آن، شیشه‌گران عیلامی برای درها از شیشه استفاده کرده‌اند. نمونه‌ای منسوب به روم و متعلق به ۱ تا ۷۰ م. در موزه‌ی بریتانیا نگهداری می‌شود که به دلیل ناخالصی اکسید مس یا آهن دارای رنگ آبی-سبز است و اندازه‌ی آن ۵۴ در ۳۱ سانتی‌متر با حدود ۳ تا ۴ میلی‌متر ضخامت است (www.britishmuseum.org/research/collection\_online.aspx).

۲. در برگردان فارسی، گاه به جای واژه‌ی «انبار» از واژه‌ی «مغازه» استفاده شده است که یکی از معانی واژه‌ی فرانسه (Magasin) است که در متن فرانسه ذکر شده است و چون مغازه به معنای محلی برای خرید و فروش محسوب می‌شود؛ بنابراین درست نبوده و در این نوشتار نیز به جای مغازه، واژه‌ی انبار جایگزین شد.  
۳. همسر رومن گیرشمن که او را در تمامی کاوش‌های وی همراهی کرده و وظایفی از جمله مرمت آثار مکشوف را به عهده گرفته است.

4. Iridescence.

۵. ده قطعه از مجموعه‌ی موزه‌ی ملی ایران در این کاتالوگ به تصویر کشیده شده‌اند و به اشتباه تاریخ ۱۳۴۰ تا ۱۳۰۰ ق.م. برای آن‌ها ذکر شده است و محل کشف آن‌ها نیز فقط نیایشگاه اینشوشینک ب، معرفی شده است.

6. Department of Chemistry Brookhaven National Laboratory, Upton, Long Island, New York.

7. International Committee on ancient Glass, Dublin, New Hampshire.

8. Neutron activation analysis (NAA).

9. immanakku.

10. Raman.

## کتابنامه

- آمیه، پیر، ۱۳۸۹، شوش شش هزارساله. ترجمه‌ی علی موسوی، تهران: انتشارات فرزنان.
- استو، م. ج، ۱۳۷۵، چغازنبیل (دور-اونتاش)، متون ایلامی و آکدی چغازنبیل. جلد ۳، ترجمه‌ی اصغر کریمی، تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور.
- پاتس، دنیل. تی، ۱۳۸۵، باستان‌شناسی ایلام. ترجمه‌ی زهرا باستی، تهران: انتشارات سمت.
- پرادا، ادیت، ۱۳۵۷، هنر ایران باستان. ترجمه‌ی یوسف مجیدزاده، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- پرادا، ادیت، ۱۳۷۵، چغازنبیل دور-اونتاش، حکاکی‌ها، جلد ۴، ترجمه‌ی اصغر کریمی، تهران: سازمان میراث فرهنگی.
- قائینی، فرزانه، ۱۳۸۳، موزه‌ی آبگینه و سفالینه‌های ایران. تهران: معاونت معرفی و آموزش، سازمان میراث فرهنگی کشور.
- گیرشمن، رومن، ۱۳۷۳، چغازنبیل (دور-اونتاش)، زیگورات. جلد ۱ ترجمه‌ی اصغر کریمی، تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور.
- گیرشمن، رومن، ۱۳۷۵، چغازنبیل (دور-اونتاش)، تمنوس (محل مقدس)، معابد، کاخ‌ها، قبور، جلد ۲، ترجمه‌ی اصغر کریمی، تهران: سازمان میراث فرهنگی.
- گیرشمن، تانیا، ۱۳۸۹، من هم باستان‌شناس شدم!، خاطرات تانیا گیرشمن ۱۳۱۱-۱۳۴۶ خورشیدی. ترجمه‌ی فیروزه دیلمقانی، تهران: انتشارات موسسه بنیاد فرهنگ کاشان.
- مجیدزاده، یوسف، ۱۳۷۰، تاریخ و تمدن ایلام. تهران: مرکز نشر دانشگاهی.

- Amiet, P., 1966, *Elam*, France: Archèe editeur

- Antonaras, A., 2012, *Fire And Sand: Ancient Glass In The Priceton University Art Museum*. United States of America, Yale University Press.

- Barag, D., 1985, *Catalogue of Western Asiatic Glass in the British Museum*. London: British Museum Publications Limited, vol.1.



- Brill, R. H. & Wampler, J. M, 1967, "Isotope Studies of Ancient Lead." *American Journal of Archaeology* 71 pp. 63–77.
- Brill, R. H. & Schreurs, J. W. H., 1988, "Colour-Chemistry of the Jalame Glass". *Excavations at Jalame: Site of a Glass Factory in Late Roman Palestine*, Edite by Weinberg. Columbia, University of Missouri Press: 269-283.
- Brill, R.H., 1999, "Chemical Analyses of Early Glasses", Volume 1-2, Catalogue of Samples, New York: Corning Museum of Glass.
- Carter, E., 1992, "ČOĠĀ ZANBĪL". *Encyclopædia Iranica*, Vol. VI, Fasc. 1, pp.9-13.
- Davison, S., 2006, *Conservation and Restoration of Glass*. Great Britain, Elsvier.
- De Mecquenem, R., 1931, "Excavations at Susa (Persia)", *Antiquity* 5 (19):330-343.
- De Mecquenem, R., & Michalon, J., 1953, *Rechearches a Tchogha Zambil, Memoires de la Mission Archeologique en Iran*, Tome. XXXIII, Paris: Presses universitaires de France.
- Freestone, I. C.; Yael, G. R. & Michael J. H., 2000, "Primary glass from Israel and the production of glass in late antiquity and the early Islamic period", *Publications de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée* 33(1): 65-83.
- Freestone, I., 2005, "The Provenance of Ancient Glass through Compositional Analysis", in: *Material issues in art and archaeology VII: Symposium held November 30-December 3*,
- Ghirshman, R., 1963, "L' Elam et les, Rechearches a Dur-Untash (Tchogha Zambil)", *Iranica Antiqua* 3, Pp. 1-21.
- Ghirshman, R., 1966, *Tchoga Zanbil (Dur-Untash)*, Vol. I: La Ziggurat, Mémoires de la Délégation Archéologique en Iran, vol. 39, Paris: Geuthner.
- *Glass from the Ancient World*, The Ray Winfield Smith collection, A Spesial exhibition 1957, New York: The Corning Museum of glass.
- Henderson, J.; McLoughlin, SD. & McPhail, DS., 2004, "Radical changes in Islamic glass technology: evidence for conservatism and experimentation with new glass recipes from early and middle Islamic Raqqa, Syria", *Archaeometry* 46(3): 439-468.
- Henderson, J., 2013, *Ancient Glass, An Interdisciplinary Exploration*. New York: Cambridge University Press.
- Lima, A.; Teresa, M.; António, P. M. & Marco, V., 2012, "Chemical analysis of 17th century Millefiori glasses excavated in the Monastery of Sta. Clara-a-Velha, Portugal: comparison with Venetian and façon-de-Venise production". *Journal of Archaeological Science* 39(5):1238-1248.
- Mofidi-Nasrabadi, B., 2004, "Elam: Archaeology and History", *Persian Antike Pracht*, Deutsches Bergbau-Museum, Bochum, pp. 294-309.
- Porada, E., 1970, "Tchoga zanbil(Dur-Untash)", vol: IV, *La Glyptique, Memoires de la Delegation Archeologique en Iran* 42, Paris: Geuthner.
- Rijksuniversiteit, F. A., 1957, *Instituut voor Aardwetenschappen*,

Universiteit, Faculteit, Aardwetenschappen,

- Roach, K. J., 2009, *The Elamite Cylinder Seal Corpus, c. 3500-1000 B.C.* Published by University of Sydney.

- Sayre, E. V. & Smith, R. W., 1961, "Compositional Categories of Ancient Glass", *Journal of Science*, Vol.133, pp: 1824-1826.

- Shortland A. J. & Taite, M., 2000, "Raw materials of glass from Amarna and implications for the origins of Egyptian glass", *Archaeometry* 42:141-151.

- Shuger, A. & Rehren, T., 2002, "Formation & Composition of Glasses As a Function Firing Temperature", *Journal of Glass Technology*, vol. 43, 145-150.

- Spaer, M.; Barag, D.; Ornan, T., & Neuhaus, T., 2001, *Ancient glass in the Israel Museum: Beads and other small objects*, Jerusalem: Israel Museum.

- Steve, M. J., 1967, "Tchoga zanbil(Dur-Untash), vol.III, *Texas elamites et accadians de Tchoga zanbil*", *Memoires de la Delegation Archeologique en Iran 41*, Paris: Geuthner

- Tait, H., 1991, *Five thousand years of glass*, London: The Trustees of the British Museum.

- Wight, K.B., 2011, *Molten Color; Glassmaking in Antiquity*, Los Angeles: Paul Getty Publications.

- 2001, Catalogue: Ancient Glasses, Challenge by Glass Artists, Okayama.

- [www.britishmuseum.org/research/collection\\_online.aspx](http://www.britishmuseum.org/research/collection_online.aspx)

- [www.cmog.org/collection](http://www.cmog.org/collection)

- [www.Corning Museum of Glass](http://www.Corning Museum of Glass)

- [www.mom.fr/mecquenem/photo/afficher/id](http://www.mom.fr/mecquenem/photo/afficher/id)

- [www.Royal Ontario Museum/](http://www.Royal Ontario Museum/) Go with the Flow: Technology & Early Glass/Robert Mason

- Wikipedia, the free encyclopedia