

طیف‌سنجی لامپ‌های سرخ و استفاده از نورتایی در بررسی مناسب بودن منبع نوری آزمایشگاه آماده‌سازی نمونه‌های سن‌یابی به روش OSL در ایران

مرتضی فتاحی^{۱*}، نازلی صبا^۲ و سلمان محسنی^۳

^۱ استادیار، گروه فیزیک زمین، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران

^۲ کارشناس بخش یونسفر، مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، ایران

^۳ مسئول تست آزمایشگاه روشنایی، دانشکده برق، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، ایران

(دریافت: ۸۷/۱۲/۲۷، پذیرش نهایی: ۸۹/۷/۲۸)

چکیده

ایران از معدود کشورهای است که علاوه بر قرار گرفتن بر کمربند زلزله جهانی، دارای قدمت دیرینه است. در طول تاریخ زلزله مهم‌ترین خطر طبیعی برای ایران و ساکنان آن بوده است. بسیاری از تمدن‌ها، شهرها، روستاها و آثار باستانی ایران زمین در اثر حوادث طبیعی مثل زلزله سیل و آتشفشان نابود شده یا صدمه دیده‌اند. لذا امکان ترکیب اطلاعات دیرین‌زلزله‌شناسی، باستان‌شناسی و دیرین‌اقلیم‌شناسی در کشورمان فراهم است. این ترکیب نه تنها اطلاعات جامع علمی در هر سه زمینه پیش‌گفته را فراهم می‌آورد بلکه فهرست‌نامه سنی حوادث طبیعی ایران را کامل می‌کند. کلید ترکیب دیرین‌زلزله‌شناسی، باستان‌شناسی و دیرین‌اقلیم‌شناسی، سن‌یابی آثار حوادث گذشته است که در دل خاک مدفون شده‌اند. نورتایی (لومینسانس) روشی مناسب برای سن‌یابی در محیط‌های خشک و نیمه‌خشک است. نورتایی مستقیماً آخرین نور خوردگی مواد معدنی همچون کوارتز و فلدسپار را که به وفور در خاک یافت می‌شوند، تعیین سن می‌کند. با توجه به اینکه به‌منظور سن‌یابی به روش نورتایی از نور مرئی استفاده می‌شود و می‌باید نمونه از زمان خروج از خاک تا تحریک آن با نور کنترل شده مرئی در آزمایشگاه، تحت تاثیر هیچ نور مضر قرار نگیرد، موضوع نصب نور امن در آزمایشگاه امری حیاتی به‌شمار می‌رود. این مقاله ضمن توضیح نقش سن‌یابی و دُسنجی به‌روش نورتایی در ایران به تشریح چگونگی بررسی امنیت نوری، شامل تهیه و نصب چراغ سرخ و آزمون طیف نور با طیف سنج و اثر نور بر سیگنال طبیعی نورتایی می‌پردازد.

واژه‌های کلیدی: آزمایشگاه ملی نورتایی، سن‌یابی، نور سالم آزمایشگاه، کوارتز

Investigation of suitability of installed red light in the OSL sample preparation laboratory in Iran using spectrometry and luminescence methods

Fattahi, M.¹, Saba, N.² and Mohseni, S.³

¹ Assistant Professor, Earth Physics Department, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

² Ionospheric Research Section, Institute of Geophysics, University of Tehran, Iran

³ Optical Laboratory Technician, Faculty of Electronics, University of Tehran, Iran

(Received: 25 Jun 2008, Accepted: 23 Sep 2008)

Abstract

Iran is one of the limited numbers of ancient countries which is almost totally located on earthquake belt. Earthquakes have always been the most important natural hazard in Iran. Many villages, cities, civilizations and monuments have been partly or totally destroyed by past earthquakes in Iran. As a developing country, Iran is expanding its cities, industries, dams, power plants etc. The recent earthquake in Japan showed the effect of an earthquake and tsunami on the nuclear power plants. After the failure of Park field earthquake prediction (based on probabilistic approach), we should think carefully about the importance of deterministic approaches for earthquake hazard assessment in Iran.

Therefore, Iran requires mapping its earthquake faults and investigating the activity of faults as first step. We should define the zones and find the codes based on the real data and parameters. Slip rate is one of the most important parameters for natural hazard risk assessment. For slip rate determination we should measure the slip of the fault and the time that has taken for this slip to occur. Therefore, we require a suitable dating method. Meanwhile, Iran is arid, semi arid zone. These make luminescence as the most suitable method for dating past earthquakes, civilizations and environment. Luminescence dating can join studies related to the paleoclimatology, Paleoseismology and archeology of Iran. Optically stimulated luminescence (OSL) has been employed so far for dating the time of recent earthquakes and determination of the slip rate of some important earthquake faults in Iran (e.g., Fattahi et al., 2006; 2007; 2009; Fattahi and Walker, 2007). OSL directly dates the last time that quartz and feldspar in a sample has been exposed to light. Therefore, if we can find a sample that has been exposed to light during an event, we can date that event. The event can be an earthquake, Tsunami, volcanic eruption, sudden environment change and etc. Therefore, OSL samples should not be exposed to light during sampling and sample preparation. For this reason the suitability of the light of the sample preparation lab is vital. It is not possible to work in complete darkness, but dim red light with specific wave length can be employed for quartz preparation. Therefore, in the OSL sample preparation room in the Institute of Geophysics, normal red light which is available in the market, was installed and tested. For this purpose the spectrometer of red lamps with and without available filters were tested. The suitability of the dim light in the lab was also tested using Equivalent dose (D_e) estimate of well behaved quartz samples. Quartz grains were divided into different parts. One part was kept in complete darkness, the second was exposed to the lab light on the work plates and a third part was put in the fume cupboard. The Equivalent dose (which is the lab dose equal to the natural dose) of these three parts was estimated. Unfortunately, the Equivalent dose of grains that had been exposed to the lab light underestimated the natural dose. The result of all above mentioned experiments showed that the installed light was not suitable.

Key words: Optically simulated luminescence (OSL), Dating, Fault slip rate

۱ مقدمه

بناهای مسکونی نیز می‌باید براساس تعیین زون و گدبندی صورت گیرد که این نیازمند بررسی میزان فعالیت گسل است. استفاده از نورتابی یکی از نیازهاست و از دیرباز مدنظر بوده است (لیو یان پینگ و همکاران، ۲۰۰۸؛ زابلین و همکاران، ۱۹۶۷). ایران به‌طور جدی به‌سوی تاسیس نیروگاه‌های هسته‌ای و استفاده وسیع از مواد پرتوزا گام برداشته است.

نورتابی یکی از مهم‌ترین دُرسنج‌ها برای اندازه‌گیری میزان تابش پرتوزا است که انسان‌ها در معرض آنها قرار داشته‌اند یا قرار می‌گیرند (وینتل و همکاران، ۲۰۰۳). در سایر صنایع نیز از تابش‌های پرتوزا استفاده می‌شود. برای مثال در صنعت گاز از تابش‌های پرتوزا در بررسی امکان

آثار حوادث دیرین زلزله‌شناسی، باستانشناسی و دیرین‌اقلیم‌شناسی در زمین ثبت شده است و شناسایی و سن‌یابی آنها نه تنها تاریخ گذشته این علوم در ایران را معین می‌سازد، بلکه تحلیل خطر زلزله، آتشفشان و سیل را فراهم می‌آورد (ایتکن ۱۹۶۹؛ فدر، ۱۹۹۶؛ فتاحی و استوکس، ۲۰۰۳؛ فتاحی و واکر، ۲۰۰۷؛ نامور و فتاحی، ۲۰۰۸). از سن‌یابی به‌روش نورتابی می‌توان در تعیین میزان فعالیت گسل‌ها، دوره بازگشت زلزله و زمان آخرین زلزله استفاده کرد (فتاحی و همکاران، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷) و زمان حرکت بعدی گسل را که در تحلیل خطر زلزله حیاتی است، برآورد کرد. ساخت نیروگاه‌های اتمی و فسیلی، سدسازی و سایر تاسیسات صنعتی، احداث شهرها و

پیش گفته، نگارنده اول با جدیت و با کمک و حمایت همکاران متخصص در داخل و خارج، تحقیقات علمی مربوط را به سختی و به کندی عملی ساخته و حاصل آن به صورت بیش از چهل مقاله توسط نویسنده اول منتشر شده است (فتاحی و استوکس، ۲۰۰۳؛ فتاحی و واکر، ۲۰۰۷؛ نامور و فتاحی، ۲۰۰۸). لذا با توجه به فقدان منابع مالی که وجود آنها ضرورت یک حرکتی اصولی در جهت ایجاد آزمایشگاه ملی سن‌یابی است، تصمیم گرفته شد تا از امکانات حداقل برای شروع این مهم استفاده شود و با حمایت ریاست وقت موسسه در سال ۱۳۸۶، اتاقی در زیرزمین موسسه ژئوفیزیک به منظور احداث آزمایشگاه نمونه‌سازی در نظر گرفته شد.

یکی از نکات بارز و تفاوت آزمایشگاه‌های نورتایی با سایر آزمایشگاه‌ها، امنیت نوری است. درحالی‌که عموم آزمایشگاه‌ها از نور مستقیم و یا غیرمستقیم خورشید در روزها و نورهای مرئی معمولاً سفید در شب‌ها استفاده می‌کنند. نور خورشید و نور سفید به دلایلی که خواهد آمد در آزمایشگاه‌های سن‌یابی به‌روشن نورتایی غیرقابل استفاده است. این مقاله به بررسی اصول سن‌یابی به روش نورتایی نوری و تحلیل علمی مضر بودن چراغ‌های سرخ ایران برای استفاده در آزمایشگاه‌های نورتایی می‌پردازد.

۲ اصول سن‌یابی به روش نورتایی نوری و رابطه آن با نور آزمایشگاه

سن‌یابی به‌روش نورتایی نوری (OSL)، آخرین زمان نورخوردگی خاک را اندازه‌گیری می‌کند و برای اجرای عملیات سن‌یابی معمولاً از نور مرئی در تحریک اتم کوآرتز استفاده می‌شود. لذا نور مرئی ابزاری برای اندازه‌گیری سیگنال نورتایی طبیعی کوآرتز است. به‌عبارت‌دیگر به محض آنکه نمونه تحت تاثیر نور قرار گیرد، سیگنال نورتایی آن خارج می‌شود. سن‌یابی به‌روش

نشت گاز استفاده می‌شود. بنابراین به‌منظور سنجش میزان نشت تابش‌ها، حفاظت در مقابل پرتو و کنترل امنیت انسان‌هایی که در محیط نیروگاه‌های اتمی، صنایع گاز و پتروشیمی و سایر مواردی که از تابش پرتوزا و مواد پرتوزای غنی شده استفاده می‌شود، کار می‌کنند، ضروری است که از دُزسنج‌ها استفاده شود. چرا که همواره امکان نشت وجود دارد (هیگاشیمورا و همکاران، ۱۹۶۳؛ ویشنوکی و همکاران، ۱۹۹۳؛ استونهام و همکاران، ۱۹۹۳).

نورتایی روشی برای اطمینان‌یافتن پزشکان، کارکنان بیمارستان و بیمارانی است که در تشخیص و درمان با تابش پرتوهای ایکس و تابش‌های پرتوزا سروکار دارند. در سال ۲۰۰۲ حدود پنج میلیون بچ دُزسنجی شخصی مورد استفاده کسانی قرار گرفت که با تابش سروکار داشتند (وینتل و همکاران، ۲۰۰۳؛ نامور و فتاحی، ۲۰۰۸). نورتایی روشی برای شناسایی خواص مواد و یکی از ابزارهای مهم تجربی تحقیقات در فیزیک است.

ضرورت احداث آزمایشگاه ملی نورتایی در ایران همچنین از سوی متخصصان دیرین‌زلزله‌شناسی، زمین‌ساخت، رسوب‌شناسی، آتشفشان‌شناسی، دیرین‌اقلیم‌شناسی، فیزیک، انرژی اتمی، باستانشناسی و مسئولان زیربسط بخش‌های علمی در دانشگاه‌ها و سازمان‌ها (از جمله یونسکو) تشخیص داده و مکتوب شده است. اما به‌دلیل نداشتن امکانات و نبود دسترسی به منابع مالی امکان کمک آنها در احداث این آزمایشگاه در ایران تاکنون میسر نشده است. مسئولان وقت موسسه ژئوفیزیک بر اهمیت این موضوع واقف بوده‌اند و ظرف ده سال گذشته تلاش جدی به‌منظور حمایت از تاسیس این آزمایشگاه ملی صورت گرفته است که متأسفانه تاکنون ناموفق مانده است. لازم به ذکر است که به موازات تلاش

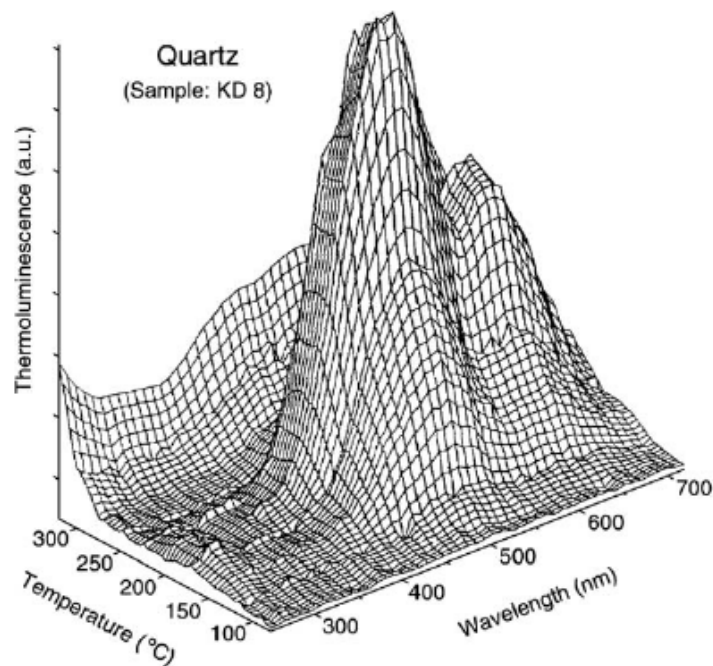
تولید، اندازه‌گیری، و با استفاده از آن سن آخرین نورخوردگی محاسبه می‌شود. لذا نور در سن‌یابی کوارتز استخراج شده از خاک، عامل حیاتی است. اما فقط زمانی باید از نور استفاده کرد که کوارتز خالص از خاک سرامیک یا هر نمونه‌ای که مورد سن‌یابی قرار می‌گیرد جدا شده باشد. لذا مطلوب آن است که عملیات جداسازی کوارتز از خاک در تاریکی محض صورت گیرد. به همین دلیل برای ورود به آزمایشگاه نورتابی از سه در عبور می‌کنیم.

نورتابی گرمایی (TL)، آخرین زمان داغ شدن خاک را اندازه‌گیری می‌کند. نورتابی در طول موج‌های خاص دارای پیک تابشی است. شکل‌های ۱ و ۲ تابش‌های اصلی کوارتز را نشان می‌دهد. و چند مشخصه پیک‌های کوارتز شامل پیک طول موج تابش در جدول ۱ نشان داده شده است. به‌هرحال در آزمایشگاه با استفاده از دستگاه‌های دقیق، معمولاً از نور آبی و یا سبز در تحریک اتم کوارتز استفاده می‌شود. سیگنال بسیار ضعیف نورتابی که با چشم قابل مشاهده نیست، از کوارتز تحریک شده

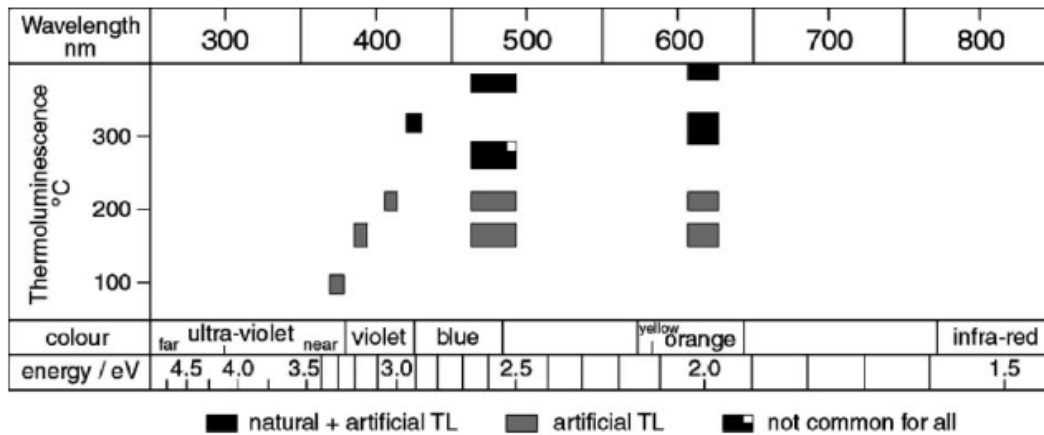
جدول ۱. چند مشخصه از پیک‌های نورتابی کوارتز شامل پیک‌های طول موج تابش را نشان می‌دهد (فتاحی و استوکس، ۲۰۰۳).

پیک (°C)	تابش (nm)	مرکز حفرة	انرژی (eV)
110	At ~ 380	H ₃ O ₄	0.98
325	At ~ 380	H ₃ O ₄	1.69
375	At ~ 480	AlO ₄	1.66
390	At ~ 620	NBOHC*	2.03

* مرکز حفرة اکسیژن غیر پل زدن



شکل ۱. طیف تابش کوارتز از یک نمونه رودخانه‌ای (کریچگ و همکاران ۱۹۹۷).



شکل ۲. تابش‌های اصلی کوارتز (کریچگ و همکاران ۱۹۹۷).

بنابراین استفاده از نور سرخ برای روشن کردن آزمایشگاه مناسب است. نور سرخ بالاترین طول موج مرئی را دارد اما ضروری است، از چراغی استفاده شود که دارای لامپ سرخ باشد و فقط نور سرخ تابش کند. بهترین راه حل استفاده از لامپ سرخ و پوشاندن آن با فیلتری است که فقط نور سرخ را عبور می‌دهد. لذا با توجه به نبود امکان و بودجه کافی برای خرید چراغ مخصوص از خارج از کشور، برای خرید لامپ و فیلتر به کارخانه‌های لامپ‌سازی و فیلترسازی داخل کشور مراجعه و از تلق‌های سرخ‌رنگ نیز در حکم فیلتر استفاده شد. با نصب سامانه تنظیم شدت نور امکان کم و زیاد کردن شدت نور فراهم شد. به منظور اطمینان یافتن از مناسب بودن چراغ‌ها و امن بودن نور ضروری است همواره این نور مورد آزمایش قرار گیرد تا از طول موج خارج شده و اثر آن بر نورتایی کوارتز طبیعی اطمینان حاصل شود. لذا عملی شدن آزمایش‌های طیف‌نگاری و اندازه‌گیری نورتایی ضروری بود.

۳ طیف‌سنجی نوری (اسپکترو فوتومتری) چراغ‌های آزمایشگاه در موسسه ژئوفیزیک

با توجه به موجود بودن کارخانه‌های تولید لامپ در داخل کشور، طی برقراری تماس‌های مکرر با کارخانه لامپ

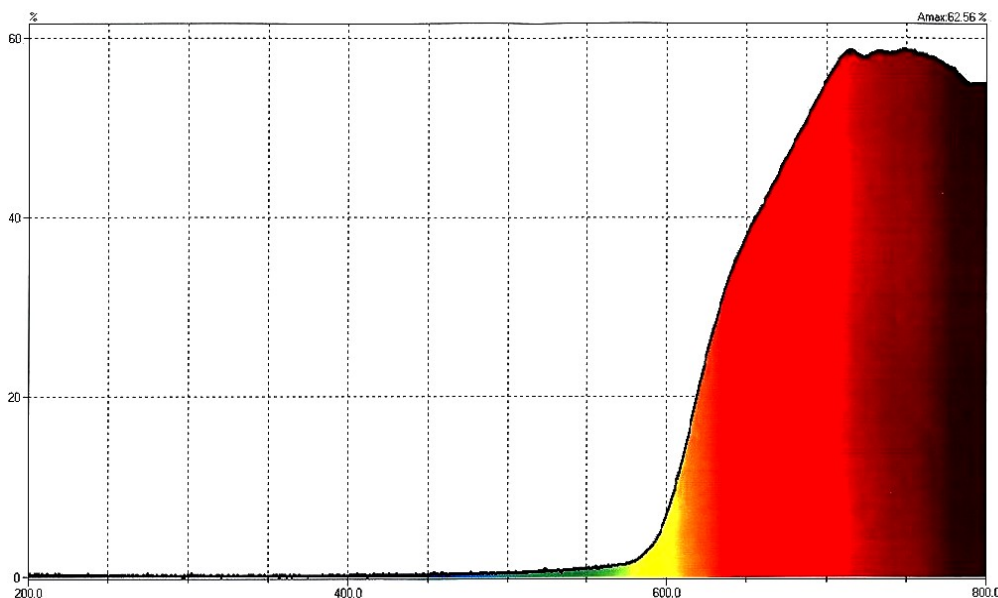
در اول واسط بین نور بیرون آزمایشگاه با اولین راهرو است. در جلوی در دوم پارچه مشکی که کاملاً مانع عبور نور می‌شود نصب شده است. لذا با وجود سه در امکان ورود نور سفید به داخل آزمایشگاه تقریباً غیرممکن است. اما برای جداسازی کوارتز نیاز به فرایندهای طولانی حذف سایر ترکیبات خاک شامل مواد عالی، کلسیت‌ها و مانند آن است و امکان اجرای این عملیات طولانی در تاریکی غیرممکن است. لذا آزمایشگر نیاز به دیدن نمونه و وسایل دارد. اما چنانچه در حین جداسازی کوارتز از سایر مواد نمونه تحت تاثیر نور قرار گیرد از سیگنال نورتایی طبیعی آن کاسته و یا صفر می‌شود. بنابراین ضروری است، از نوری که مرئی باشد و حداقل شدت را داشته باشد استفاده کنیم. یعنی نوری لازم است که چشم انسان بدون خستگی، قدرت دید اجسام و نمونه را داشته باشد و شدت نور، سیگنال نورتایی را کاهش ندهد. لذا نور مرئی با طول موج خاص که شدت نورتایی طبیعی را کاهش ندهد مورد نیاز است. نورتایی شامل تمام نور مرئی است و کوارتز دارای پیک نورتایی قوی در فرابنفش نیز هست. به دلایل فنی کوارتز معمولاً با نور آبی تحریک، و نورتایی حاصل در فرابنفش اندازه‌گیری می‌شود. لذا نور-زرد تا سرخ (۵۷۵-۷۵۰ nm) با شدت کم عموماً توانایی تحریک برای تابش نورتایی فرابنفش کوارتز را ندارد

دستگاه طیف‌سنج گروبن آلمانی بود. طیف این لامپ رسم شد. طیف طول موج لامپ شامل آبی تا فرورسرخ بود و این طیف در بازه طول موج‌های ۴۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر قرار داشت. شکل ۳ این طیف را نشان می‌دهد.

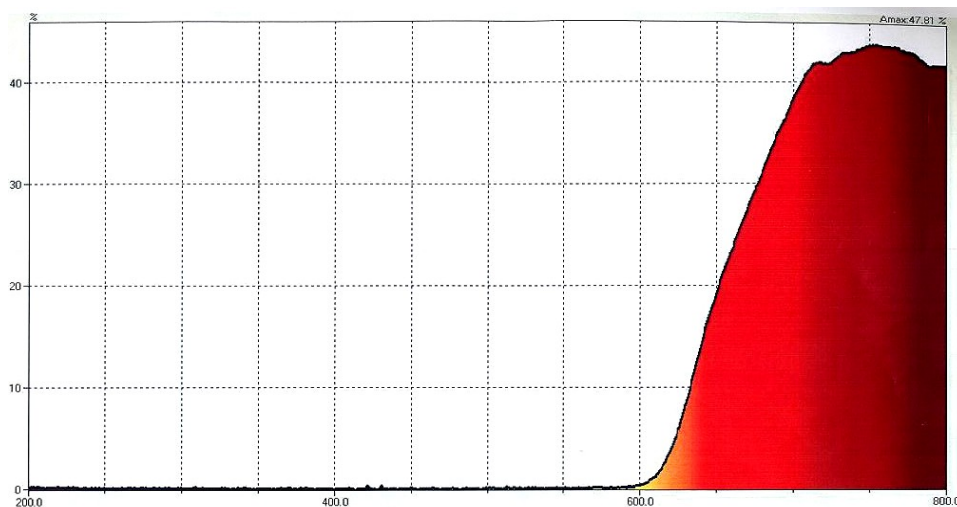
برای حذف طیف سبز و آبی از فیلترهای طلقی شفاف سرخ‌رنگ استفاده شد؛ بدین صورت که محیط لامپ با طلق پوشانده شد. با استفاده از دو طلق سرخ، طیف سبز و آبی به‌طور کامل حذف شد. طیف باقی‌مانده در بازه طول موجی حدوداً ۵۷۵ تا ۸۰۰ نانومتر بود که از طیف زرد، نارنجی، سرخ و فرورسرخ تشکیل می‌شد. در شکل ۴ این طیف نور نشان داده می‌شود. با توجه به اینکه طول موج ۵۷۵ تا ۸۰۰ نانومتر تاثیر چندانی بر سیگنال نورتایی تولید شده از کوآرتز که با نور آبی تحریک شود نمی‌گذارد، چراغ‌های آزمایشگاه به‌صورتی که فقط قسمت جلویی لامپ دیده شود و بقیه لامپ در داخل چراغ قرار گیرد خریداری شد. چهار چراغ در چهار گوشه آزمایشگاه نصب شد که با تنظیم کننده خاص کنترل شدت می‌شد. یک چراغ نیز در داخل هود نصب شد و از دو طلق سرخ‌رنگ که روی هم قرار گرفتند درحکم فیلتر نوری استفاده شد.

افروغ، مراحل زیر در طیف‌سنجی لامپ تولیدی آن کارخانه صورت گرفت:

لامپ سرخ تولیدی این کارخانه لامپ کم‌مصرف تیوپی مدل FPL است که در توان‌های ۱۸، ۲۴، و ۳۶ وات کار می‌کند. مشخصات فیزیکی آن عبارت است از دو لوله باریک به طول ۳۰ سانتی‌متر و قطر ۱۷ میلی‌متر که در کنار هم قرار می‌گیرند. ابتدا پارامترهای نوری و الکتریکی لامپ FPL سرخ و مهتابی با جداره پوشیده شده از طلق سرخ ازسوی بخش کنترل کیفیت گروه فتومتری این کارخانه به‌دست آمد. اما به‌علت وجود طیف مزاحم فرورسرخ درخواست شد که طیف لامپ‌ها همراه با طلق سرخ+نارنجی و سرخ+نارنجی+زرد صورت گیرد. اما متأسفانه همچنان طیف فرورسرخ باقی ماند. بنابراین از این لامپ استفاده نشد. امکان استفاده از لامپ‌های LED سرخ نیز تحت بررسی است. درنهایت برای روشنایی آزمایشگاه از لامپ‌های سرخ‌رنگ معمولی موجود در بازار ایران استفاده شد. قبل از استفاده از این لامپ‌ها در آزمایشگاه سن‌یابی، طیف‌سنجی لامپ‌های سرخ‌رنگ معمولی در آزمایشگاه روشنایی دانشکده برق دانشگاه تهران صورت گرفت. دستگاهی که با آن طیف‌سنجی به انجام رسید،

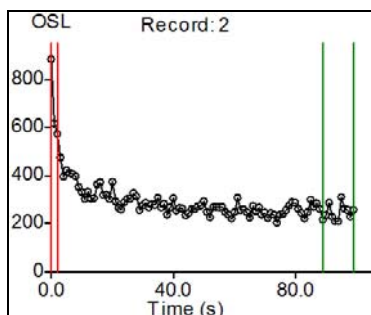


شکل ۳. طیف طول موج لامپ سرخ معمولی. محور افقی طول موج برحسب نانومتر و محور قائم درصد شدت نور اشباع دستگاه است.



شکل ۴. طیف طول موج لامپ سرخ معمولی همراه با دو فیلتر طلق شفاف سرخ. محور افقی طول موج برحسب نانومتر و محور قائم درصد شدت اشباع نور دستگاه است.

(De) یک منحنی استاندارد به کمک روش تولید مجدد سیگنال ایجاد شد. ذرات 90–150 μm کوارتز همانند لایه‌ای روی دیسک‌هایی به قطر ۱۰ میلی‌متر که به آنها الیکوت (Aliquot) می‌گویند با استفاده از اسپری سیلیکانی که همانند چسب عمل می‌کند نصب شدند. برای تعیین دُز معادل، از پروتکل تولید مجدد الیکوت منفرد (ماری و وینتل، ۲۰۰۰) استفاده شد. بدین منظور، الیکوت تحت تابش نور قرار گرفت. این نور باعث می‌شود تا ذرات کوارتز، تحریک شوند و تولید سیگنال نورتایی کنند. سیگنال تولید شده، سیگنال طبیعی نامیده می‌شود (I_N) (شکل ۵).



شکل ۵. سیگنال نورتایی طبیعی حاصل از ذره کوارتز خالص‌سازی شده از نمونه. محور عمودی OSL و محور افقی زمان اندازه‌گیری سیگنال نورتایی را نشان می‌دهد. دو خط عمودی سمت چپ محدوده سیگنال و دو خط عمودی سمت راست محدوده زمینه را نشان می‌دهند.

زرد نارتجی سرخ و مادون سرخ تشکیل می‌شد. در شکل ۲ این طیف نشان داده شده است.

۴ اندازه‌گیری نورتایی طبیعی نمونه‌ای که دو روز تحت نور آزمایشگاه بود

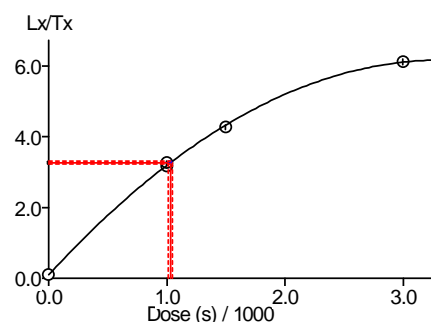
باهمکاری آزمایشگاه سنیابی به روش نورتایی دانشگاه شفیلد، یک مجموعه کوارتزهای خوش‌رفتار با دُز معادل دُز طبیعی Equivalent Dose (De) مشخص تحت حفاظت نوری کامل به ایران منتقل شد و در تاریکی به دو قسمت تقسیم شد. یک قسمت در محلی تاریک، و قسمت دوم به مدت دو روز روی میز آزمایشگاه و داخل هود قرار گرفت و نور آزمایشگاه در مدت ۴۸ ساعت روشن ماند. سپس کوارتزها به شفیلد منتقل شد و سیگنال طبیعی و دُز معادل دُز طبیعی (De) آنها اندازه‌گیری شد. همه آزمایش‌ها تحت نور بسیار ضعیف سرخ و در اتاق تاریک در دانشگاه شفیلد به انجام رسید. همه اندازه‌گیری‌ها به کمک دستگاه خودکار Riso Tl-DA.15 صورت گرفت که توانایی اندازه‌گیری نورتایی نوری را دارد و مجهز به یک منبع پرتوزا $^{90}\text{Sr}/\text{Y}^{90}$ (تولیدکننده پرتو β که توانایی تولید دُزی به میزان حدود سه گری در دقیقه را داشت). به منظور اندازه‌گیری دُز معادل دُز طبیعی

طبیعی نورتابی کوارتزا تنها تحت ۴۸ ساعت تابش به هشتاد درصد میزان اولیه کاهش یافته‌اند. به عبارت دیگر چنانچه نمونه‌ای ظرف مدت ۴۸ ساعت در این آزمایشگاه سن یابی شود، سن آن هشتاد درصد سن واقعی را نشان خواهد داد. یعنی اگر زلزله‌ای ۵۰۰۰ سال پیش روی داده باشد و نمونه مربوط در این آزمایشگاه آماده‌سازی اولیه شود، سن زلزله را ۴۰۰۰ سال نشان خواهد داد. در نتیجه مشخص شد که ضروری است به هر نحو ممکن از خارج کشور چراغ مخصوص برای این آزمایشگاه تهیه شود. استفاده از این آزمایشگاه تا نصب چراغ‌های جدید متوقف شد.

۵ بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت احداث آزمایشگاه نورتابی علی‌رغم وجود مشکلات مالی اقدام به راه اندازی گام به گام آزمایشگاه آماده‌سازی نمونه‌های سن‌یابی OSL شد. نمونه‌هایی که در این آزمایشگاه سن‌یابی می‌شوند، همچون عکس در عکاسی به نور مرئی حساس هستند لذا می‌باید انتخاب و نصب چراغ‌های تامین کننده نور آزمایشگاه با دقت نظر صورت گیرد. با توجه به نبود امکان خرید از خارج کشور و نبود بودجه به ناچار با گذاشتن وقت زیاد در بازار و مشاوره با کارخانه‌های تولید کننده لامپ در ایران، در مرحله اول به نصب چراغ‌هایی مجهز به نور سرخ اقدام شد و برای حذف طول موج‌های خاص به عوض استفاده از فیلترهای مخصوص نوری، به ناچار از تلق‌های سرخ‌رنگ که برای جلد کردن کتاب و جزوه از آنها استفاده می‌شود استفاده شد. با همکاری دانشکده برق دانشگاه تهران طیف‌سنجی نوری چراغ‌ها به انجام رسید و مشخص شد که این فیلتر فقط طیف سبز و آبی را حذف می‌کند اما طیف زرد نارنجی سرخ و فروسرخ باقی می‌ماند. اثر نور آزمایشگاه ظرف مدت ۴۸ ساعت بر نمونه‌های خالص کوارتز نشان داد که متأسفانه میزان سیگنال طبیعی نورتابی صدمه دیده است. با

سپس الیکوت، که اکنون خالی از انرژی است، تحت دُز D_1 که کمتر از D_e است قرار می‌گیرد و نورتابی آن اندازه‌گیری می‌شود (L_1). آن‌گاه دیسک مجدداً تحت دُز D_2 (نزدیک D_e پیش‌بینی شده) قرار می‌گیرد و سیگنال نورتابی آن اندازه‌گیری می‌شود (L_2). سپس تحت دُز D_3 که بیش از D_e است قرار می‌گیرد و نورتابی آن اندازه‌گیری می‌شود (L_3). همچنین پس از هر اندازه‌گیری، آزمون دُز آزمایشگاهی (D_t) به الیکوت‌ها داده می‌شود و باز، در هر بار مقدار سیگنال اندازه‌گیری می‌شود (سیگنال آزمون دُز تولید مجدد). برای نرمال کردن داده‌ها، در هر مرحله مقدار سیگنال طبیعی یا تولید مجدد (L_x) به مقدار سیگنال آزمون دُز (T_x) (طبیعی یا تولید مجدد) به دست می‌آید و پس از آن تقسیم می‌شود. مقادیر اندازه‌گیری شده را می‌توان به صورت یک منحنی که محور قائم آن مقدار نسبت سیگنال به دُز آزمایشگاهی (L_x/T_x) و محور افقی آن مقدار دُز داده شده بتا را نشان می‌دهد، رسم کرد که به آن منحنی رشد می‌گویند (شکل ۶). با استفاده از این روش مقدار دُز معادل دُز طبیعی (D_e) نمونه محاسبه می‌شود.



شکل ۶. منحنی رشد به روش تولید مجدد سیگنال را نشان می‌دهد. چنانچه خطی موازی محور افقی از نقطه مربوط به سیگنال طبیعی (روی محور قائم) رسم کنیم تا منحنی را قطع کند و سپس از محل تقاطع بر محور افق خط عمود بکشیم، میزان دُز معادل دُز طبیعی D_e به دست می‌آید که در شکل فوق حدود ۱۰۰۰ ثانیه است.

دز معادل دُز طبیعی هر دو دسته کوارتز اندازه‌گیری و مقایسه شد و با کمال تأسف مشخص شد که سیگنال

پوشش ترک بر می‌دارد و باعث گسیل طیف‌های دیگر می‌شود. ثالثاً پایین قسمت لامپ بدون پوشش است که طیف نور سفید را گسیل می‌کند. و ضروری است به هر طریق ممکن چراغ‌های مناسب از خارج از کشور تهیه شود. این امر به دو صورت میسر است. روش اول تامین بودجه و ارز برای احداث آزمایشگاه و خرید چراغ‌های مناسب و نصب دائمی آنها است و روش دوم تقاضای کمک از خارج از کشور خاصه آزمایشگاه‌های نورتایی و امانت گرفتن چراغ‌های مناسب و نصب موقت چراغ‌ها در آزمایشگاه ایران است.

منابع

- Aitken, M. J., 1969, Thermoluminescence dosimetry of environmental radiation on archaeological sites, *Archaeometry*, **5**, 25-36.
- Fattahi, M., Nazari, H., Bateman, M. D., Meyere, B., Sébrier, M., Talebian, M., Le Dortz, K., Foroutan, M., Ahmadi Givi, F. and Ghorashi, M. 2009, Refining the OSL age of the last earthquake on the Dheshir fault, Central Iran, *Quaternary Geochronology*, **5**(2-3), 286-292.
- Fattahi, M., 2009, Dating past earthquakes and related sediments by thermoluminescence methods: A review, *Quaternary International*, **199**, 104-146.
- Fattahi, M. and Stokes, S., 2003, Dating volcanic and related sediments by luminescence methods: a review, *Earth Science Reviews*, **62**(3-4), 229-264.
- Fattahi, M., Walker, R., 2007, Luminescence dating of the last earthquake of the Sabzevar thrust fault, NE Iran, *Quaternary Geochronology*, **2**, 284-28.
- Fattahi, M., Walker, R., Hollingsworth, J., Bahroudi, A., Talebian, M., Armitage, S., and Stokes, S., 2006, Holocene slip-rate on the Sabzevar thrust fault, NE Iran, determined using Optically-stimulated Luminescence (OSL), *Earth Planet. Sci. Letts.*, **245**, 673-684.
- Fattahi, M., Walker, R., Khatib, M. M., Dolati, A., Bahroudi, J., 2007, Slip-rate estimates and past earthquakes on the Doruneh fault, eastern Iran, *Geophys. J. Int.*, **168**, 691-709.
- Feathers, J., 1996, Luminescence dating and modern human origins, *Evolutionary Anthropology*, **5**, 25-36.
- Higashimura, T., Ichikawa, Y. and Sidei, T., 1963, Dosimetry of atomic bomb radiation in

وجود اینکه طیف نوری لامپ آزمایشگاه، طیف مناسبی را نشان می‌دهد (شکل ۴) و در هنگام آزمون مساحت جانبی، لامپ با طلق پوشانده شده بود، اما به دلیل اینکه اطراف لامپ با رنگ سرخ پوشیده نشده است و این لامپ دورن چراغ‌هایی به شکل زیر قرار می‌گیرد (شکل ۷)، طیف نوری نهایی در آزمایشگاه متفاوت با شکل ۴ است.



شکل ۷. نمونه‌ای از چراغ‌های نصب شده در آزمایشگاه.

لذا لامپ‌ها و چراغ‌های موجود در ایران توانایی تولید نور امن و مناسب برای استفاده در آزمایشگاه‌های آماده‌سازی نمونه‌های سن‌یابی به روش نورتایی را ندارند. خاصه لامپ‌های سرخ ایرانی سه اشکال عمده دارند. اولاً پوشش لایه رنگ داخلی لامپ طیف وسیعی از نور سرخ را به بیرون گسیل می‌کند. ثانياً پس از استفاده طولانی، این

- Hiroshima by thermoluminescence of roof tiles, *Science*, **139**, 1284-1285.
- Krbetschek, M. R., Go" tze, J., Dietrich, A., Trautmann, T., 1997, Spectral information from minerals relevant for luminescence dating, *Radiation Measurements*, **27**, 695–748.
- Liu Yan-Ping, Chen Zhao-Yang, Fan Yan-Wei, Gou Qi, Lu Wu, Tang Xin-Qiang and Du Yan-Zhao. 2008, The study on optically stimulated luminescence dosimeter based on the SrS:Eu, Sm and CaS:Eu, Sm, *Chinese Phys. B*, **17**, 3156-3162.
- Murray, A. S and Wintle, A. G, 2000, Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol, *Radiation Measurements*, **32**(1), 57-73.
- Namvar, E. and Fattahi, M., 2008, Interference effects on the photoluminescence spectrum of GaN/InxGa1-xN single quantum well structures, *Journal of Luminescence*, **128**, 155-160.
- Stoneham, D. Bailiff, I. K., Brodski, L., Göksu, H. Y., Haskell, E. H., Hütt, G., Junger, H. and Nagatomo, T., 1993, TL accident dosimetry measurements on samples from the town of Pripjat, *Nuclear Tracks and Radiation Measurements*, **21**, 195-200.
- Vischnevekii, I. N, Drozd, I. P., Koval, G. N., Fominych, V. I., Baran, N. P., Bartchuk, V. I., Bugal, A. A., Makisimenko, M. and Baryachtar, V. G., 1993, The use of quartz inclusion thermoluminescence for the retrospective dosimetry of the Chernobyl area, *Radiation Protection Dosimetry*, **47**, 305-306.
- Wintle, A. Boetter-Jensen, L., McKeever, S. W. S., 2003, *Optically stimulated luminescence dosimetry*.
- Zabelin, A. I., Solov'ev Yu. A. and Sokolov, I. N., 1968, A luminescence method for detecting leaks in nuclear plant, Springer New York, **24**(4), 1063-4258.