



تاریخچه

«نقاشی یونان»، کار بزرگی از پلینی^۱ است که استفاده‌ی گسترده از رنگ‌ها را در گذشته گواهی می‌دهد. وی در میان‌سالی درباره‌ی تهیه‌ی رنگدانه‌ها دستور کارهای شیمیایی فراوانی را ارائه داده است. سنیو سنینی^۲ نیز در کتاب خود به ساخت مداد با سرب و قلع به نسبت ۲ : ۱ و تهیه‌ی کاغذ شفاف و روغن جلا اشاره کرده است. هم‌چنین روش تهیه‌ی بسیاری از رنگ‌ها را توضیح داده است. بنابه آن چه در کتاب‌های خطی موزه‌ها مانند «رنگدانه‌های نقاشی هنرمندان» آمده است، اهمیت شیمی به عنوان دانشی پیش‌زمینه در هنر آشکار می‌شود. در خلال قرن نوزدهم، بسیاری از شیمی دان‌های برجسته



چکیده

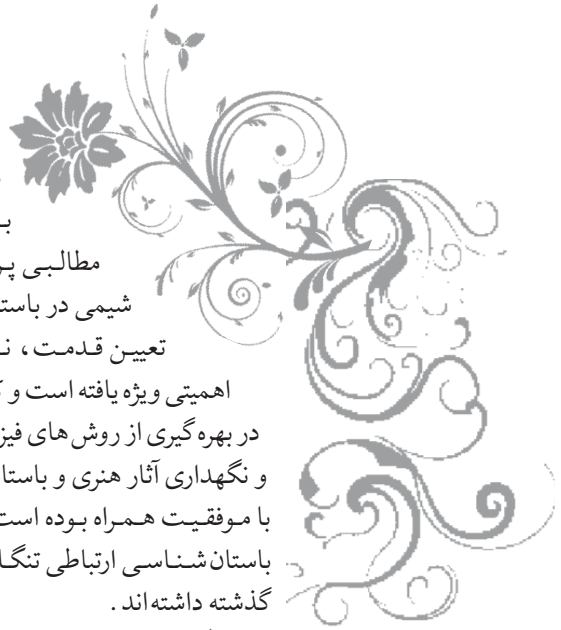
دانش شیمی در طول تاریخ هنر و باستان‌شناسی یکی از رشته‌های جالب و مورد توجه بوده است. درحالی‌که در دو دهه‌ی گذشته، آلودگی‌های ناشی از برخی صنایع شیمیایی و استفاده‌ی نادرست از مواد شیمیایی چهره‌ای منفی از شیمی به نمایش گذاشته است، اشاره به تاریخچه‌ای مختصر از شیمی رنگ‌ها و رابطه‌ی آن با هنر و آرایه‌ی نمونه‌هایی از کاربرد شیمی در هنر و ماندگاری کارهای هنری کمک می‌کند تا دیدگاه‌های مثبت نسبت به شیمی ایجاد شود. این امر بویژه در شرایطی که علاقه‌مندی به مطالعه‌ی علوم در جهان کاهش یافته است و معلمان در پی یافتن روش‌هایی برای ایجاد انگیزه در دانش‌آموزان هستند، گامی مؤثر در جهت افزایش علاقه‌مندی به آموزش شیمی در سطح بین‌المللی است.

کلیدواژه‌ها: نقاشی، باستان‌شناسی، روش‌های یادگیری اکتشافی، فعالیت‌های آزمایشگاهی

ترجمه: علی عزیزیان* و حسین حسینی**

شیمی هنر هنر شیمی





مانند دیوی، برزیلیوس، فرزینوس^۳ و فارادی درباره‌ی بررسی مواد در باستان‌شناسی به چاپ مطالبی پرداخته‌اند. امروزه نقش شیمی در باستان‌شناسی در سه جایگاه تعیین قدمت، نگهداری و بازسازی آثار مهمی ویژه یافته است و کار شیمی‌دان‌ها در موزه‌ها در بهره‌گیری از روش‌های فیزیکی-شیمیایی برای تجزیه و نگهداری آثار هنری و باستانی و گسترش این روش‌ها با موفقیت همراه بوده است. به هرحال، شیمی و باستان‌شناسی ارتباطی تنگاتنگ در طول ۲۰۰ سال گذشته داشته‌اند.

با آن‌که در جریان دو دهه‌ی گذشته، جهان شاهد پیشرفت‌های گسترده در علوم و فناوری بوده است، اما علاقه‌مندی به مطالعه‌ی علوم روبه‌کاهش نهاده، معلمان در پی راه‌هایی برای ایجاد انگیزه در دانش‌آموزان هستند. در این راستا، یکی از هدف‌های تغییر در برنامه‌های درسی، ایجاد دوره‌های مناسب آموزش علوم برای دانش‌آموزان بوده است. برای دستیابی به این هدف، ایجاد ارتباط میان هنر با شیمی به طور درون‌رشته‌ای، فردی و طراحی برنامه‌ی درسی دانش‌آموز-محور مورد توجه قرار گرفته است. به این ترتیب بود که شیمی هنر، با تکیه بر ارتباط‌های درون‌رشته‌ای، در سال ۲۰۰۱ توسط هفته‌نامه‌ی ملی شیمی مورد پشتیبانی قرار گرفت و از آن پس به رابطه‌ی شیمی با کارهای هنری در مقاله‌هایی از این نشریه پرداخته شد. اثرگذاری این اقدام با آگاهی یافتن از فرهنگ قدمت‌شناسی، باستان‌شناسی و مردم‌شناسی رابطه‌ای تنگاتنگ دارد و به افزایش اطلاعات بسته‌های نرم‌افزار آماری و اثرهای متقابل افرادی که با این رشته ارتباط دارند، نیازمند است.

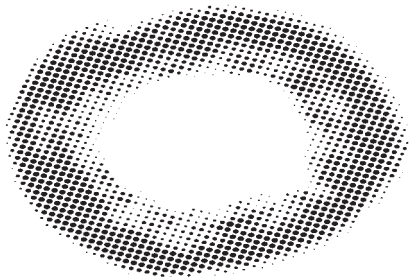
نگارخانه‌ی هنر ملی در لندن و انجمن سلطنتی شیمی در انگلستان برای یک طرح پژوهشی با عنوان شیمی و هنر برای دانش‌آموزان ۱۱ تا ۱۸ ساله و معلمان آن‌ها به همکاری پرداختند. در این طرح به طور اساسی برخی جنبه‌های فنی در تهیه‌ی ۵ رنگ مختلف، همراه با پیش‌زمینه‌هایی در شیمی شامل تهیه‌ی رنگ، تثبیت کردن، خراب شدن و از بین رفتن آن مورد بررسی قرار گرفت. هم‌چنین رعایت نکته‌های ایمنی در آزمایشگاه و توجه به خطرهای احتمالی یادآوری شد. تلاش در جهت اجرای درست چنین طرح‌هایی در کاهش ترس از مواد شیمیایی و کار با آن‌ها مؤثر واقع شد. این امر، بویژه طی دو دهه‌ی گذشته که آلودگی ناشی از برخی صنایع شیمیایی منجر به پندارهای منفی درباره‌ی

شیمی شده بود، اقدامی ارزشمند به شمار می‌رفت. به این ترتیب دانش‌آموزان به کمک نمایش‌های شیمیایی در مدرسه، به هنر شیمی نزدیک شدند و به کمک واکنش‌های شیمیایی و آشنایی با ساخت رنگ‌های نقاشی و معرفی فرآورده‌های صنایع شیمیایی که در هنر کاربرد داشت، با شیمی هنر آشنایی یافتند. یعنی از هنر برای خوشایند کردن یادگیری شیمی نزد فراگیران استفاده شد هم‌چنان که بسیاری از معلمان از ترتیب دادن بازی یا جدول‌هایی در این زمینه بهره می‌جویند.

این طرح در قالب سخنرانی و فعالیت عملی جنبه‌ی کاربردی دارد و استفاده از روش‌های درست در این زمینه باعث یادگیری فعال می‌شود.

روش‌ها

در این طرح، روش‌های یادگیری اکتشافی و میان‌رشته‌ای مورد آزمایش قرار می‌گیرد و کار در فضای آزمایشگاه، زمینه‌ی یادگیری اکتشافی و نگرش مثبت نسبت به ادامه‌ی تحصیل را در دانش‌آموزان فراهم می‌کند.



در این طرح، ۲۴۱ دانش‌آموز پایه‌ی سوم یک دبیرستان در آتن به سن ۱۴ یا ۱۵ سال، همراه با ۶ نفر از معلمان

همان دبیرستان شرکت یافتند. برای سخنرانی و فعالیت‌های آزمایشگاهی، ۱/۵ ساعت در نظر گرفته شد. در مدت نیم ساعت از سخنرانی، دانش‌آموزان از موضوع، رنگ‌هایی که در نقاشی به کار می‌روند، مطالب علمی، صنعتی، فنی، سود اقتصادی آگاهی یافتند. سپس به روش تجزیه‌ی کیفی، به کمک واکنش‌های شیمیایی ساده فرآورده‌هایی رنگی تهیه کردند و خواص این مواد رنگی را مورد مشاهده قرار دادند. آن‌ها در نقاشی با آب‌رنگ، از این رنگ‌ها استفاده کردند. در این جا بررسی ارتباط میان شیمی و هنر و تهیه‌ی مواد تازه، به عنوان دخالت شیمی در زندگی یک هدف رفتاری برای دانش‌آموزان بود.

پیش از آغاز تدریس در شکل آزمایشگاهی آن، یک پرسش‌نامه به دانش‌آموزان داده شد که در آن درباره‌ی وابستگی شیمی و هنر بویژه شیمی و نقاشی پرسش‌هایی مطرح شده بود، شکل ۱- پرسش‌نامه‌ی آن. پس از سخنرانی و اجرای آزمایش، دانش‌آموزان کاربرگ خود را با استفاده از ترکیب‌های شیمیایی و

فرآورده‌های رنگی خود کامل کردند، جدول ۱. اطلاعات مورد نیاز درباره‌ی کاربرد شیمی در هنر نیز در قالب پرسش‌نامه‌ی ب در اختیار دانش‌آموزان قرار داده شده بود.

طرح

عنوان سخنرانی: شیمی هنر

هدف این سخنرانی، بررسی ارتباط میان شیمی و هنر بود و در آن موضوع‌هایی به این شرح مورد بحث قرار گرفت:

- تاریخچه‌ی رنگ‌ها
- سهم شیمی در فراوری‌های تازه، کیفیت برتر رنگ‌ها و تکامل آن‌ها پس از پیشرفت علم شیمی در خلال ۲۰۰ سال گذشته و تولید صنعتی رنگ‌ها
- تهیه‌ی مواد رنگی در آزمایشگاه به کمک واکنش‌های شیمیایی ساده.

شیمی هنر، در اصل شیمی رنگ‌هاست. واژه‌ی رنگ، همه‌ی ترکیب‌های رنگی را بدون توجه به منشأ پیدایش و کاربرد آن‌ها در رنگ‌آمیزی یا هدف‌هایی دیگر در برمی‌گیرد. این ترکیب‌ها موادی آلی یا معدنی، طبیعی یا مصنوعی‌اند. برخی رنگ‌ها که امروزه در دسترس هستند در آغاز، منشأ طبیعی داشته‌اند اما اکنون بیش‌تر به صورت مصنوعی ساخته می‌شوند.

رنگدانه‌ها بیش‌تر به عنوان زیرگروه رنگ‌ها در نظر گرفته می‌شوند. ذره‌های این مواد باید به وسیله‌ی مواد افزودنی مانند چسب‌ها با زمینه پیوند یابند. از جمله موادی که روی آن‌ها نقاشی می‌شود می‌توان چوب، کاغذ، گچ و فلز را نام برد. بسیاری، نفت، موم، تخم مرغ و رزین نیز می‌توانند نقش مواد افزودنی را داشته باشند. از آن‌جا که کاغذ متخلخل است می‌تواند رنگ‌ها را جذب کند بنابراین هنگام نقاشی روی کاغذ نیازی به چسب نیست.

از میان ترکیب‌های رنگی، رنگدانه‌های معدنی بیش‌از همه توجه ما را به خود جلب می‌کنند. این رنگدانه‌ها که نخستین رنگ‌های به کار رفته در نقاشی‌های درون غارها شناخته شده‌اند بیش‌تر شامل اکسیدهای آهن، زغال‌چوب یا منگنز دی‌اکسید بوده‌اند. سپس در مصر و یونان باستان این رنگدانه‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. رنگ بیش‌تر بناها در یونان درخشان بوده است با این حال برخی بناهای تاریخی مانند آکروپولیس اکنون دیگر نمای رنگی اولیه‌ی خود را ندارند.

نقاشان نیز مانند شیمی‌دان‌ها در تهیه‌ی رنگ‌ها، روغن‌های جلا، حلال‌ها و قلم‌موها سهم فراوانی داشته‌اند. بسیاری از رنگ‌ها که توسط نقاشان ساخته شد، هزاران سال مورد استفاده بوده است. مانند زنگار معروف به سبز یونانی که از مس زنگ‌زده

تهیه می‌شد و رنگ آبی و آبی تیره که از یک سنگ صخره‌ی باارزش به نام سنگ لاجورد به دست می‌آمد که اکنون نیز از معدن‌های افغانستان استخراج می‌شود. تهیه‌ی این رنگ بسیار دشوار بوده است اما رنگ جالبی که با زحمت به دست می‌آمد برای نقاشان بسیار مهم بود و ارزش این همه زحمت را داشت.

هزاران سال است که از گچ یا کلسیم کربنات به عنوان رنگ سفید استفاده می‌شود البته این رنگ بسیار کم‌رنگ و سست است. سرب سفید یکی از نخستین رنگدانه‌های مصنوعی بوده است که یونانیان آن را از ترکیب سرب با سرکه به دست آوردند. این ماده که به فراوانی در نقاشی‌ها مورد استفاده قرار می‌گرفت بسیار سمی است. از این رو، روی سفید جای آن را گرفت. رنگدانه‌ی سرب سفید با گذشت زمان با تشکیل PbS بی‌رنگ می‌شود. ZnO نیز با گذشت زمان ZnS تشکیل می‌دهد اما ZnS سفیدرنگ است پس رنگدانه‌ی روی سفید بی‌رنگ نمی‌شود. رنگدانه‌ی تیتانیم سفید از دو رنگدانه‌ی یاد شده بهتر است و اگرچه که به خاطر ظاهرش آن را رنگدانه‌ای گچی می‌نامند اما از دید نقاشان، این که به خودی خود به تمیزی نقاشی می‌انجامد یک برتری است و باید آن را یک خودپاک‌کننده نامید نه رنگدانه‌ی گچی! پس از سال ۱۹۲۰ بود که این رنگدانه مورد استفاده قرار گرفت زیرا ارزان و غیر سمی بود و به عنوان رنگی ثابت، پوششی مناسب ایجاد می‌کرد. آبی تیره که برای نخستین بار در سال ۱۷۰۴ تهیه شد، جای رنگ‌های گرانی هم‌چونی آبی آسمانی و لاجوردی را گرفت. برخی از رنگ‌های آبی با خواص مناسب مانند آبی کبالت در سال ۱۸۰۲، و رنگ لاجوردی ترکیبی در سال ۱۸۲۸ به دست آمد که از مواد ارزانی هم‌چون گل رس، زغال سنگ، گوگرد و سودا تهیه می‌شد. در سال ۱۷۹۷ با کشف فلز کروم، بسیاری از رنگ‌ها به دست آمد و از سال ۱۸۲۰ بسیاری از رنگ‌های کروم مانند رنگ زرد از این فلز و رنگ سبز از کروم اکسید تهیه شد. پیشرفت دانش شیمی تغییری مهم در نقاشی‌ها ایجاد کرد و در نتیجه‌ی ترکیب فرآورده‌های تازه و

شناسایی رنگ‌های جدید آلی و معدنی، می‌توان قرن نوزدهم را زمان رویداد دگرگونی شیمیایی رنگ‌ها دانست.

در زمان رنسانس، نقاشان شیمی‌دان و شیمی‌دان‌ها نقاش بودند. هنوز هم این رابطه‌ی تنگاتنگ میان هنر و شیمی، بین نقاش و شیمی‌دان به چشم می‌خورد و همین ارتباط است که یک برنامه‌ی آموزشی قابل اجرا را برای یک رویکرد درون‌رشته‌ای در آموزش



سولفات (CuSO_4) . دانش آموزان واکنشگرها را به یک دیگر افزودند و به تشکیل فراورده‌ها توجه کردند . حدود 50 mL از هر محلول برای همه‌ی دانش آموزان کافی بود .

	NaCl	KBr	KI	Na_2CO_3	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	NaSCN
AgNO_3						
CoCl_2						
FeCl_3						
CuSO_4						
CuCl_2						

جدول ۱ کاربرد دانش آموز

غلظت محلول‌های آبی باید حدود $0/2$ مول بر لیتر باشد . نمونه‌ای از برخی ویژگی‌های رنگ‌های تهیه شده در این آزمایش ، به این قرار است :

- آبی تیره ، محلول آهن (III) کلرید و پتاسیم هگزا سیانوفرات
- قهوه‌ای ، محلول آهن (III) کلرید و سدیم تیوسیانات
- زرد کم رنگ ، محلول کبالت (II) کلرید و سدیم کربنات
- سبز ، محلول مس (I) کلرید و سدیم کربنات .

پرسش نامه‌ی «آ» : پیش از سخنرانی

آ- ۱ آیا می‌دانید که شیمی و هنر ، بویژه شیمی و نقاشی با هم رابطه دارند؟ اگر موافق هستید ، نمونه‌ای بیاورید .
 آ- ۲ شیمی در هنر ، بویژه در نقاشی و بازسازی کارهای هنری ، برای نمونه نقاشی‌ها و سنگ‌نوشته‌ها نقش مهمی دارد . آیا می‌توانید چند ماده‌ی صنعتی شیمیایی را نام ببرید که به این منظور در هنر به کار می‌روند؟

پرسش نامه‌ی «ب» : پس از سخنرانی

ب- ۱ آیا پس از انجام آزمایش‌ها به رابطه‌ی میان شیمی و هنر پی بردید؟ اگر چنین بوده است در این زمینه توضیح دهید .
 ب- ۲ شیمی در هنر ، بویژه در نقاشی سهم و اهمیت فراوانی دارد . آیا می‌توانید چند ماده‌ی صنعتی شیمیایی را که در نقاشی یا بیش تر رشته‌های هنری کاربرد دارند ، نام ببرید؟

شکل ۱ پرسش نامه‌های استفاده شده پیش و پس از انجام فعالیت‌ها

هشدار

از آن‌جا که بسیاری از محلول‌های کاتیونی شامل فلزهای سنگین سمی بوده ، برای سلامتی خطرناکند ، دانش آموزان باید

شیمی فراهم می‌کند . امروزه شرکت‌های صنعتی ، مواد رنگی مورد نیاز نقاشان را تهیه می‌کنند . بررسی تهیه و خواص رنگ‌هایی که در آزمایشگاه ساخته می‌شوند دارای اهمیت است و باید در بررسی شیمی هنر مورد توجه قرار گیرد .

فعالیت آزمایشگاهی : هنر شیمی

ما در آزمایشگاه شیمی می‌توانیم خواص مواد را بررسی کنیم و به تولید موادی با خواص فیزیکی و شیمیایی بپردازیم . ما می‌توانیم در آزمایشگاه مدرسه با استفاده از واکنشگرهای متداول ، رنگ‌هایی تهیه کنیم که در اصل نمک فلزهای واسطه هستند مانند رنگ‌های آبی ، ارغوانی ، قهوه‌ای ، زرد و سبز . این رنگ‌ها مواد یا یون‌های کمپلکس‌های رنگی هستند که در آب نامحلولند . به این ترتیب رنگ‌هایی را می‌توان تهیه کرد که نقاشان قرن هجدهم هرگز تصور وجود آن‌ها را نمی‌کردند . کار کردن با این واکنشگرها نیازمند دانش شیمی ، دقت ، توجه و مهارت است . عنوان این فعالیت

نیز «هنر شیمی» انتخاب شده است .

اندیشه‌ی طراحی این فعالیت بر پایه‌ی بررسی کیفی کاتیون‌ها و ویژگی مواد رنگی بود که



منجر به شناسایی یون‌ها شد . مواد شیمیایی که در این آزمایش مورد استفاده قرار می‌گیرند در بیش تر آزمایشگاه‌های شیمی وجود دارند . معلمان با گروه‌های شامل ۲ تا ۶ نفر از دانش آموزان به انجام این آزمایش پرداختند . به هر گروه کاربرد ، واکنشگرهای مورد نیاز ، کاغذ و قلم مو جهت استفاده از رنگدانه‌ها داده شد . دانش آموزان باید جدول شماره‌ی ۱ را با انجام آزمایش پر می‌کردند . برای این کار آن‌ها باید ۲ قطره از محلول‌های هر ردیف از جدول را با ۲ قطره از محلول‌هایی که در هر ستون از جدول قرار داشت واکنش می‌دادند . مواد آنیونی که فراورده‌هایی با رنگ‌های جالب تولید می‌کردند ، در جدولی با ردیف‌های افقی در کاربرد نوشته می‌شد (برای نمونه ، پتاسیم یدید KI ، پتاسیم هگزا سیانوفرات (II) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ و سدیم تیوسیانات (NaSCN) . مواد شامل کاتیون‌های استفاده شده برای تهیه‌ی مواد رنگی نیز در ستون‌های عمودی جدول جای می‌گرفتند (مانند نقره نیترات AgNO_3 ، آهن (III) کلرید FeCl_3 ، مس (II)

گواهی بر این واقعیت بود که آن‌ها از این فعالیت لذت برده‌اند. می‌توان گفت که کارهای دانش‌آموزان هنر و خلاقیت را به نمایش می‌گذاشت.

سرانجام این که در نتیجه‌ی این فعالیت، دانش‌آموزان با نمونه‌ای از فعالیت‌های ساده‌ی آزمایشگاهی در زمینه‌ی تهیه‌ی نمک‌های نامحلول آشنایی یافتند و بیش‌تر آن‌ها کاربرگ‌هایشان را به درستی کامل کردند. بررسی پرسش‌نامه‌ها نشان داد که هدف اولیه به‌طور موفقیت‌آمیزی برآورده شده است و



دانش‌آموزان به ارتباط میان شیمی و هنر به خوبی پی برده‌اند. ارتباط میان خواص مواد، تهیه‌ی مواد در آزمایشگاه مدرسه و کاربرد مواد در زندگی روزانه شرایط مناسبی را برای یادگیری فراهم کرد. آن‌ها نقش چشم‌گیر شیمی در هنر را باور کردند و توانستند به نام فراورده‌های شیمیایی مانند رنگ‌ها و حلال‌ها که در ایجاد اثرهای هنری ضروری هستند اشاره کنند. این روش به عنوان یک روش یادگیری اکتشافی و درون‌رشته‌ای فضایی مناسب را برای ایجاد نگرش مثبت نسبت به شیمی و فعالیت‌های آن فراهم کرد.



* معلم شیمی ایلام

** معلم شیمی بیرجند

1. Pliny
2. Cennini, C.
3. Fresenius



Kafetzopoulos, C.; Spyrellis, N.; Lymperopoulou- Karaliota, A. "The chemistry of art and the art of chemistry", *J. Chem. Educ.* 2006, 83, 1484.

از تماس مستقیم با مواد و محلول‌ها بپرهیزند و در خلال انجام آزمایش از عینک و دستکش ایمنی استفاده کنند. همه‌ی محلول‌ها باید توسط معلم آماده شوند و در اختیار دانش‌آموزان قرار گیرند. دانش‌آموزان چند قطره از محلول‌ها را با دقت برمی‌دارند و روی کاغذ، با هم واکنش می‌دهند. هنگام کار با محلول‌های سمی باز هم باید معلم، خود وارد عمل شود.

از آن‌جا که در این فعالیت از مواد شیمیایی به مقدار کم استفاده می‌شود، هدر رفتن این مواد و خطر ناشی از کار با آن‌ها کم‌تر است. از این‌رو، انجام این آزمایش در دبیرستان آسان و مناسب است. به دانش‌آموزان یادآوری کنید که هرگز مواد شیمیایی و محلول‌ها را به‌طور مستقیم در دست شویی نریزند و پیش از کار با هر ماده‌ای، اطلاعات مورد نیاز را به آن‌ها بدهید.



نتیجه

دانش‌آموزان باید به پرسش آ-۱ که درباره‌ی رابطه‌ی شیمی و هنر، بویژه شیمی و نقاشی بود، پاسخ می‌دادند. پیش از اجرای طرح، ۷۶ درصد از آن‌ها توانستند به وابستگی شیمی و هنر اشاره کنند و در این زمینه نمونه‌هایی بیاورند. پس از اجرای سخنرانی و آزمایش، ۹۷ درصد از آن‌ها به این پرسش پاسخ درست دادند. پس از پرسش آ-۱ دانش‌آموزان باید به پرسش آ-۲ پاسخ می‌دادند. ۵۴ درصد از آن‌ها توانستند به سهم شیمی در هنر و نام مواد شیمیایی مورد استفاده در نقاشی اشاره کنند. پس از اجرای طرح، ۷۲ درصد از دانش‌آموزان به این پرسش پاسخ دادند. هم‌چنین از دانش‌آموزان درباره‌ی احساسشان نسبت به چنین فعالیت‌های آزمایشگاهی پرسیده شد. از ۱۴۴ نفر دانش‌آموزی که به این پرسش پاسخ دادند ۸۸/۹ درصد احساس‌هایی مثبت مانند علاقه‌مندی، لذت، اشتیاق، انگیزه و کنجکاوی داشتند و ۱۱/۱ درصد اعلام کردند که از خستگی، اضطراب و ترس در رنج بودند.

دانش‌آموزان کاربرگشان را با مواد شیمیایی که فراورده‌های رنگی تولید می‌کردند، کامل کردند. سپس بسیاری از آن‌ها به کمک رنگ‌هایی که روی کاربرگ ساخته بودند طرح‌هایی به شکل گل، کشتی و خورشید کشیدند یا عبارت‌های کوتاهی با آن‌ها نوشتند که در این میان دو عبارت «شیمی برای همیشه» و «من عاشق شیمی هستم» توجه را جلب می‌کرد. این نقاشی‌ها و طرح‌های ساده احساس‌های مثبت دانش‌آموزان را نشان می‌داد و پرسش‌نامه‌هایشان نیز

