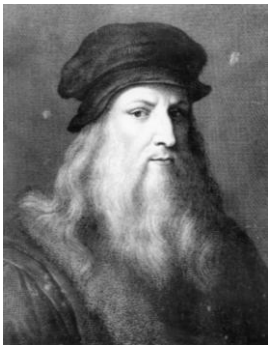
دانش مقاومت مصالح در گذر زمان

رضا شاه‌سیاه، استادیار بخش مهندسی مکانیک، دانشکدهٔ فنی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی
rez.shahsiah@iauctb.ac.ir

از آن زمان که انسان فوت‌وفن ساخت‌وساز را آموخت و دست به طراحی و ساخت بناهای متنوع زد، اهمیت دانش مقاومت مصالح نیز رفته‌رفته نمایان شد. مردمان مصر باستان، یونان و روم بناهای متنوعی ساختند که از آن جمله می‌توان مجموعهٔ اهرام جیزه[1]، معبد دایانا یا آرتمیس[2] و واتیکان اشاره کرد.

در عصر رونسانس[3]، هنر و مهندسی به‌دست توانای هنرمندان و دانشمندان درهم آمیخت؛ به‌طوری‌که خدمات و آثار برجستهٔ لئوناردو داوینچی[4]، هنرمند، دانشمند و مهندس شهیر این دوران، بسیار برجسته می‌نمایاند.



شکل ۱. لئوناردو داوینچی

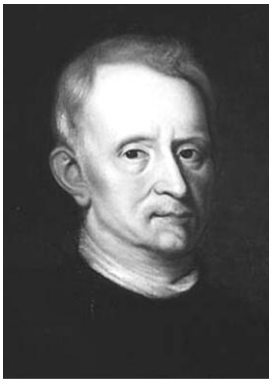
دانشمند و هنرمند شهیر ایتالیایی در عصر رونسانس

اگرچه او کتابی به‌رشتهٔ تحریر درنیاورد، اما در دست‌نوشته‌ها و یادداشت‌های بسیارش، ردپایی از اکتشافات ارزشمند در شاخه‌های متنوع علوم دیده شده است. داوینچی به مکانیک علاقه‌مند بود. جملهٔ معروف او بدین مضمون که "مکانیک بهشت ریاضیات است" ژرفای تفکرات و تأملات او را در این حوزه از دانش نشان می‌دهد. تعادل و ایستایی از جمله تحقیقات داوینچی است. در یکی از دست‌نوشته‌هایش به مطالعهٔ استحکام سیم‌های آهنی با طول‌های متفاوت پرداخته است. او هدف از این آزمایش را محاسبهٔ مقدار بار قابل تحمل برای سیم ذکر می‌کند. لئوناردو همچنین به مطالعهٔ تجربی استحکام تیرها پرداخت و یک اصل عمومی را با این مضمون که "هر اسبابی که روی تکیه‌گاهی قرار گرفته اما قابلیت خمش دارد و دارای مقطع عرضی و جنس یکنواخت است، در دورترین نقاط از تکیه‌گاه، بیشینهٔ خمیده‌گی در آن پدید می‌آید" را پایه‌گذاری کرد. آزمایش‌های بعدی او، روی تیرهایی که انتهایشان روی تکیه‌گاه قرار گرفته بود به این نتایج انجامید که مقاومت تیرها با طول تیر نسبت عکس و با عرض آن نسبت مستقیم دارد. لئوناردو برای مقاومت ستون‌ها نیز آزمایش‌هایی ترتیب داد و چنین نتیجه گرفت که مقاومت ستون‌ها با طول‌شان نسبت عکس و با برخی از نسبت‌های مقطع عرضی نسبت مستقیم دارد. تحقیقات داوینچی شاید نخستین کوشش‌ها برای محاسبهٔ نیروها در شرایط تعادل و ایستایی و مطالعهٔ مقاومت مصالح از روش‌های تجربی در قرون پانزدهم و شانزدهم میلادی باشد.

قرن هفدهم میلادی اما شاهد پیشرفت‌های شگرف در عرصهٔ ریاضی، ستاره‌شناسی و علوم طبیعی است. در این دوره، باوجود نظارت و نفوذ کلیسا بر دانشگاه‌ها و نهادهای علمی، این سازمان‌ها در برخی از کشورهای اروپایی رفته‌رفته فعالیت خود را آغاز کردند. در پانزدهم ژولای

۱۶۶۲، انجمن سلطنتی[۵] در انگلستان تأسیس شد. امروزه این انجمن علمی - که پس از گذشت چهار قرن همچنان به فعالیت خود ادامه می‌دهد - ازجمله معتبرترین انجمن‌های علمی دنیا محسوب می‌شود. در میان افرادی که در آن زمان به عضویت در این انجمن دعوت شدند می‌توان به رابرت بویل[۶]، فیزیک‌دان و شیمی‌دان شهیر انگلیسی، سر کریستوفر رن[۷]، معمار و ریاضی‌دان انگلیسی و عضو برجستهٔ انجمن سلطنتی لندن، جان والیس[۸]، ریاضی‌دان انگلیسی، و رابرت هوک[۹]، فیلسوف و دانشمند علوم معقول و منقول انگلیسی، اشاره کرد.

هوک فرزند کشیش ساده‌ای بود. در دورهٔ کودکی با ساخت ادوات و اسباب‌بازی‌هایی مکانیکی آثار و نشانه‌های نبوغ و خلاقیت در وی نمایان شد. او در سال ۱۶۶۲ م، مدرک کارشناسی ارشد خود را در رشتهٔ هنر از دانشگاه آکسفورد دریافت کرد.



شکل ۲. رابرت هوک

عضو انجمن سلطنتی لندن و دانشمند و فیلسوف شهیر انگلیسی

در آکسفورد با تنی چند از استادان دانشگاه آشنا شد و آنها را در فعالیت‌های تحقیقاتی‌شان یاری نمود و از این رهگذر، در حوزهٔ دانش مکانیک به سطحی از تبحر دست یافت. حدود سال ۱۶۵۸ م، با رابرت بویل آشنا شد و شروع به همکاری کرد. این همکاری منجر به تکمیل طرح و ساخت یک پمپ هوا[۱۰] شد. وی، در همان دوران، بر روی حرکت آونگ و استفاده از فنر در بسیاری از ادوات مکانیکی شروع به تحقیق کرد. مدتی به‌همین منوال گذشت تا اینکه در سال ۱۶۶۲ م، به عضویت در انجمن سلطنتی لندن نائل آمد. بعد از آتش‌سوزی بزرگ لندن[۱۱] در سپتامبر ۱۶۶۶، او پیشنهادهایی برای ساخت مجدد ساختمان‌ها ارائه کرد، بناهای بسیاری طراحی نمود و در این رهگذر، از ابتکار و آموخته‌های خود در دانش مقاومت مصالح بهره جست.

در سال ۱۶۷۸ م، مقاله او با نام *دربارهٔ فنر* به‌چاپ رسید. این مقاله نتایجی است که هوک از طریق آزمایش روی اجسام کشسان به‌دست آورده است و از منظر تاریخچهٔ دانش مقاومت مصالح، نخستین مقالهٔ چاپ‌شده‌ای است که خواص کشسانی مواد را توضیح می‌دهد. او در این رابطه این‌گونه توضیح می‌دهد که: سیمی به‌طول ۲۰ ، ۳۰ یا ۴۰ فوت را در نظر بگیرید و آن را از انتها به‌شکل عمودی محکم کنید، به‌طوری‌که سر آزاد به‌سمت پایین باشد. با بستن وزنه‌های گوناگون به سر آزاد و اندازه‌گیری تغییر طول سیم، تناسب این دو به‌دست می‌آید.

او در ادامه، فنری حلقوی را به‌صورت افقی، به‌نحوی‌که یک سر آن محکم شده بود، تحت خمش قرار داد و خیز آن را بررسی نمود و با در نظر گرفتن تغییر شکل‌ها در راستای طول چنین بیان کرد که سطحی از فنر که در خمش به‌شکل محدب درمی‌آید تحت کشش قرار می‌گیرد و سطحی از فنر که در خمش به‌شکل مقعر درمی‌آید تحت فشار. وی توضیح می‌دهد که قانون مسلم اجسام کشسان آن است که نیرو یا توان به‌وجود آمده در آنها به وضعیت طبیعی بازمی‌گردد و با فاصله و فضای طی‌شدهٔ نقاط آنها در حین تغییر شکل متناسب است. بسیاری از اجسام همچون چوب، فلز، سنگ و جز این‌ها در بازهٔ خاصی از نیرو اعمالی رفتار کشسانی دارند. با در نظر گرفتن این قانون، بسیاری از محاسبات مانند محاسبهٔ استحکام کمان‌ها در وضعیت خمیده‌گی، تغییر صداهای ایجاد شده در اسباب موسیقی که در اثر خمش و ارتعاش سیم‌ها حادث می‌شود و جز این‌ها امکان‌پذیر می‌باشد. امروزه، رابطهٔ خطی نیرو و تغییر شکل، قانون هوک نامیده می‌شود؛ قانونی که اساس علم مکانیک

اجسام کشسان در محدودهٔ تغییر شکل‌های کوچک شده است.

اِدم ماریوت[۱۲]، فیزیک‌دان فرانسوی، بیشتر عمرش را در دیژون[۱۳] فرانسه، جایی‌که او رئیس صومعهٔ سن‌مارتین[۱۴] بود، گذراند. در سال ۱۶۶۶ م، او یکی از اولین اعضای فرهنگستان علوم فرانسه[۱۵] بود و بناشدن روش‌های تجربی در علوم فرانسه در آن دوره به‌شکل قابل توجهی مدیون تلاش‌ها و خدمات او بوده است. آزمایش‌های او با هوا، منتج به قانون معروف بویل - ماریوت[۱۶] شد. این قانون بیان می‌کند که در دمای ثابت، فشار گاز با افزایش جرم و حجم آن با نسبتی مساوی ثابت باقی می‌ماند.

در مکانیک اجسام جامد، ماریوت قوانین ضربه را بنا نهاد. تحقیقات او درمورد رفتار کشسانی مواد، در مقاله‌ای که به بررسی حرکت سیالات می‌پردازد، آورده شده است. ماریوت برای انتقال آب به قصر ورسای، مشغول طراحی خطوط لوله بود و در این زمان بود که نتایج به‌دست آمده از این کار، او را به بررسی مقاومت خمشی تیرها رهنمون کرد. او با آزمایش روی میله‌های چوبی و شیشه‌ای دانست که نظریهٔ گالیلئی، مقادیر بسیار بزرگی، که دور از واقعیت می‌باشند، را برای بار شکست به‌دست می‌دهد و این‌چنین بود که او نظریهٔ خود را در مورد خمش توسعه داد و چنین اظهار کرد که باید خواص مکانیکی مواد در مطالعهٔ خمش لحاظ شود. او با آزمایش کشش ساده کار خود را شروع کرد. ماریوت به بررسی مقاومت مطلق مواد و مطالعهٔ خواص مکانیکی مواد در حالت کشسانی علاقه داشت و متوجه شد که در مورد تمامی موادی که آزمایش کرده است، افزایش طول متناسب با نیروهای وارده است. وی چنین اظهار نمود که شکست وقتی اتفاق می‌افتد که افزایش طول به مقدار خاصی رسیده باشد. ماریوت آزمایش‌های بسیاری را روی تیرهای یک‌سر گیردار انجام داد و البته از ایده‌ها و نظرات گالیلئی بهره‌ها جست. با در نظر گرفتن تغییر شکل لایه‌ها و دوران نسبت به سر گیردار، فهمید که نسبت بار نهایی در خمش به مقاومت مطلق، برابر با ضخامت تیر به سه‌برابر طول آن می‌باشد و این بدان معنی است که بار نهایی برابر ۳/۲ مقدار محاسبه‌شده توسط گالیلئی است. اگرچه بحث کشیده‌گی و فشرده‌گی لایه‌های تیر کشسان یک‌سر گیردار به‌ترتیب در قسمت‌های طولی محدب و مقعر توسط رابرت هوک بررسی شده بود، اما ماریوت نیز آن را مشاهده کرد و در نتیجه مقدار بار نهایی را این‌بار برای لایه‌های تحت کشش با قراردادن مقدار نصف ضخامت در رابطه اولیه‌اش به‌دست آورد. ماریوت در تحلیل‌های خود توزیع تنش را در لایه‌ها مد نظر قرار داد. فرضیات او دربارهٔ نیروهای به‌وجود آمده در لایه‌ها اگرچه درست است، اما خطاهایی نیز داشته است که نهایتاً او را در رسیدن به رابطه‌ای صحیح برای گسیختگی تیرها ناکام گذاشت. در خلال آزمایش‌ها، او به این مسئله واقف شد که هرچه از مواد تردتری چون شیشه استفاده کند، روابط او نتایج را برای استحکام مطلق دقیق‌تر پیش‌بینی می‌نمایند. این فیزیک‌دان فرانسوی در آزمایش‌ها از تیرهایی که هر دو انتهای‌شان روی تکیه‌گاه قرار می‌گیرند نیز استفاده نمود و به این نتیجه رسید که تیرهایی که هر دو انتهای آنها در داخل دیوار قرار می‌گیرند (نوعی از تیرهای دو سر گیردار) در مقایسه با تیرهایی که با همان ابعاد روی تکیه‌گاه‌های ساده قرار می‌گیرند می‌توانند دو برابر بار نهایی را در میانهٔ خود تحمل کنند.

ماریوت، بعدها با انجام آزمایش‌هایی جالب، مقاومت ترکیده‌گی لوله‌ها را تحت فشار داخلی هیدرواستاتیک محاسبه نمود. برای این منظور، او به یک بشکهٔ استوانه‌ای لوله‌ای طویل را به‌صورت عمودی متصل کرد و سپس با پرکردن بشکه و لوله از آب و افزایش ارتفاع آب - که در برخی از آزمایش‌ها به ۱۰۰ فوت نیز رسید - توانست بشکه را منفجر کند. در ادامه نیز چنین نتیجه گرفت که ضخامت لازم برای لوله بایستی متناسب با فشار داخلی و قطر لوله باشد. ماریوت با بررسی رفتار خمشی ورق‌های مربعی، که به شکل یکنواخت بارگذاری شده‌اند، نتیجه‌گیری کرد که بار نهایی کل روی ورق ثابت می‌ماند و مستقل از ابعاد آن

می‌باشد اگر ضخامت ثابت بماند. مشاهده می‌شود که ماریوت با انجام این آزمایش‌ها نظریهٔ مکانیک اجسام کشسان را ارتقاء بخشید. وی با در نظر گرفتن تغییر شکل‌های کشسان، نظریهٔ خمش تیرها را اصلاح کرد و برای آنچه در ذهن داشت آزمایش‌هایی ترتیب داد. او به روشی تجربی، نتایج به‌دست آمده توسط گالیلئی را در این ارتباط که مقاومت تیر با طول دهانه‌اش تغییر می‌کند بازسنجی کرد و دربارهٔ اثر تکیه‌گاه‌های گیردار بر مقاومت تیر تحقیق نمود و رابطه‌ای برای مقاومت ترکیده‌گی لوله‌ها ارائه نمود.

از بحث دربارهٔ هوک و ماریوت که بگذریم، یکی از اثرگذارترین چهره‌ها در گسترش مرزهای دانش مقاومت مصالح خانوادهٔ برنولی بوده است. این خانوادهٔ فرهیخته ابتدا ساکن هلند بودند و سپس به فرانسه مهاجرت کردند. اواخر قرن هفدهم میلادی بود که ریاضی‌دانان برجسته‌ای در این خانواده ظهور و بروز یافتند. در سال ۱۶۹۹ م، فرهنگستان علوم فرانسه با اکثریت آراء، دو برادر به نام‌های یاکوپ[۱۷] و یوهان برنولی[۱۸] را به‌عنوان اعضای رسمی غیرملی خود پذیرفت. اوائل قرن هجدهم میلادی، حساب بی‌نهایت کوچک روبه گسترش بود که نخستین‌بار توسط گوتفرید ویلهلم ون لایب‌نیتس[۱۹]، ریاضی‌دان و فیلسوف شهیر

شکل ۳. یاکوپ برنولی
ریاضی‌دان و فیزیک‌دان برجستهٔ سوئیسی

اگرچه او به خواص کشسانی مواد علاقه‌مند بود و در سه فصل نخست از کتاب خود - که در سال ۱۷۲۷ م در آلمانی، ابداع و بعدها توسط یاکوپ[۲۰] و یوهان[۲۱] برنولی به‌شکل اصولی بسط و گسترش یافت. آنها برای نمایش عملکرد این ابزار جدید، مثال‌هایی از مکانیک و فیزیک ارائه کردند. یکی از این مثال‌ها که یاکوپ برنولی به آن پرداخت و امروزه نیز به نام او شناخته می‌شود، شکل منحنی خیز یک تیر الاستیک است که با این‌کار، فصل مهمی از مکانیک اجسام کشسان را رقم زد. در جایی‌که گالیلئی و ماریوت درمورد مقاومت تیرها تحقیق نمودند، یاکوپ برنولی خیز آنها را محاسبه کرد، اگرچه این‌کار او چیزی به دانش آن زمان در مورد خواص فیزیکی مواد نیافزود.

با دنبال‌کردن فرض ماریوت دربارهٔ موقعیت تار خنثی و در نظر گرفتن مماس بر قسمت مقعر تیر خمیده، یاکوپ رابطه‌ای برای محاسبهٔ انحنای تیر به‌دست آورد که تناسب انحناء و گشتاور خمشی را نشان می‌داد و بعدها دیگر ریاضی‌دانان از جمله لئونهارت ائولر[۲۲] در تحقیقات خود در مورد منحنی‌های کشسان از آن استفاده کردند. یوهان برنولی، بزرگ‌ترین ریاضی‌دان عصر خویش بود، در زمینهٔ حساب دیفرانسیل صاحب تحقیقات نابی بود. او نخستین محققی بود که اصل تغییر مکان‌های مجازی را به‌صورت روابط ریاضی دقیق و واضحی بیان کرد.

شکل ۴. یوهان برنولی
ریاضی‌دان شهیر سوئیسی

پاریس به چاپ رسید - دانش مواد کشسان را توضیح داد، اما در این حوزه ایده‌های او کمتر دارای اهمیت است و در

عوض پسرش دانیل[۲۳] و شاگردش ائولر ایده‌های ارزشمندی را عرضه کردند. دانیل برنولی، که به‌خاطر کتاب مشهورش *هیدرودینامیک*[۲۴] شناخته شده است، در پیشرفت نظریهٔ منحنی‌های کشسان سهم عمده‌ای دارد.

شکل ۵. دانیل برنولی
عضو برجستهٔ[۲۵] انجمن سلطنتی لندن و ریاضی‌دان شهیر سوئیسی

دانیل به ائولر طی نامه‌ای پیشنهاد کرد که از حساب تغییرات برای به‌دست آوردن معادلات منحنی‌های کشسان استفاده کند. متن نامهٔ او بدین قرار است:

چون کسی همچون شما به‌طور کامل به روش ایزو پریمتریک[۲۶] مسلط نیست، لذا به‌راحتی می‌توانید انرژی تغییر شکل یک میلهٔ خمیده را کمینه کنید و منحنی خمیده‌گی آن را به‌دست آورید.

دانیل برنولی نخستین کسی بود که معادلهٔ دیفرانسیل حاکم بر ارتعاشات عرضی یک تیر منشوری را به‌دست آورد و از آن برای مطالعهٔ شکل‌های خاص به‌وجود آمده در میلهٔ مرتعش - که به آنها مد[۲۷] می‌گویند - استفاده کرد. وی برای ارزیابی روابط به‌دست آمده آزمایش‌های متنوعی ترتیب داد و دربارهٔ نتایج حاصل خطاب به ائولر چنین نوشت:

این نوسانات آزادانه برمی‌خیزند. شرایط گوناگون را امتحان کرده‌ام و آزمایش‌های بسیاری را روی موقعیت گره‌ها و زیر و بمی صدا ترتیب داده‌ام که به شکل زیبایی با نظریه‌هایم توافق دارند.

آری؛ دانیل برنولی تنها یک ریاضی‌دان نبود، وی محقق و پژوهشگری قابل بود. برخی از آزمایش‌های او بعدها الهام‌بخش ائولر برای طرح مسائل جدید ریاضی بود.

ادامه دارد ...

پی‌نوشت

۱. مجموعهٔ اهرام جیزه نام مجموعهٔ اهرام تاریخی ساخته‌شده در دوران مصر باستان است که در حاشیهٔ شمالی شهر قاهرهٔ کنونی واقع شده است. هرم بزرگ جیزه یکی از اهرام در مجموعهٔ اهرام جیزه و تنها بازماندهٔ عجایب هفت‌گانه جهان محسوب می‌شود [ویراستار].

۲. معبد دیانا یا معبد آرتمیس ازجمله عجایب هفتگانهٔ جهان است. این بنا در سال ۵۵۰ پیش از میلاد در ترکیهٔ کنونی ساخته شده است. این معبد در نزدیکی شهر سلجوق و بناهای تاریخی اِفِسوس قرار دارد. معبد آرتمیس در شهر اِفِسوس در حدود پنجاه کیلومتری ازمیر ترکیه قرار داشته است. روزگاری این معبد به‌عنوان زیباترین بنای روی زمین شناخته می‌شده است و به‌همین دلیل در میان عجایب هفتگانه جاگرفته است [ویراستار].

۳. دورهٔ رونسانس یا نوزایی؛ جنبش فرهنگی مهمی است که آغازگر دوره‌ای از انقلاب علمی، اصلاحات مذهبی و پیشرفت هنری در اروپا شد. این دوره، دوران گذار بین سده‌های میانه و دوران جدید است. نخستین‌بار، واژهٔ رونسانس را فرانسویان در قرن شانزدهم میلادی، به‌کار بردند. آغاز دورهٔ نوزایش را در سدهٔ چهاردهم در شمال ایتالیا می‌دانند. این جنبش در سدهٔ پانزدهم میلادی، شمال اروپا را نیز فراگرفت. رونسانس تحولی سیصد ساله است که از فلورانس آغاز شد و در انگلستان پایان یافت. به‌ندرت در دوره‌ای چنین کوتاه، رخدادهای گوناگونی به‌وقوع می‌پیوندد. حال آنکه این قرن‌ها سرشار از تغییرات بنیادین و فعالیت‌هایی بزرگ است. جهان امروز نتیجهٔ همین فعالیت‌هاست؛ زیرا رونسانس پایه‌های اقتصادی، سیاسی، هنری و علمی تمدن‌های کنونی دنیای غرب را بنا نهاد. در ایتالیای سدهٔ پانزدهم و شانزدهم، دانش و هنر پیشرفت‌های عظیمی به‌وجود آورد. دانشمندان، سرایندگان و فیلسوفانی ظهور کردند که با الهام از میراث اصیل روم و یونان با دیدگانی تازه‌تر به جهان می‌نگریستند. نقاشان به مطالعهٔ کالبد انسان می‌پرداختند و اعضای بدن انسان را به شیوهٔ واقع‌گرایانه‌ای نقاشی می‌کردند. فرمانروایان ساختمان‌ها و کارهای بزرگ هنری را سفارش می‌دادند [ویراستار].

4. Leonardo di ser Piero da Vinci (1452 – 1519)

5. The Royal Society of London for Improving Natural Knowledge, known as the Royal Society, http://royalsociety.org (accessed Jul 22, 2013)

6. Robert Boyle (1627 – 1691)
7. Sir Christopher Michael Wren (1632 – 1723)
8. John Wallis (1616 – 1703)
9. Robert Hooke (1635 – 1703)
10. Air Pump
۱۱. آتش‌سوزی بزرگ لندن، آتش‌سوزی مهیب و ویرانگری بود که مناطق مرکزی شهر لندن را از یکشنبه دوم سپتامبر لغایت چهارشنبه پنجم سپتامبر ۱۶۶۶ در کام خود فروبرد و به تلی از خاکستر مبدل کرد تا اواسط قرن هفدهم میلادی، هستهٔ مرکزی لندن کماکان بافت قدیمی و قرون وسطایی خود را حفظ کرده بود و دور تا دور آن دیواری قرار داشت که سال‌ها قبل، در زمان استیلای رومیان، ساخته شده بود. در اثر آتش‌سوزی این قسمت از شهر، که در حریم دیوار رومی قرار داشت، به‌طور کلی ویران شد و از بین رفت. ناحیهٔ وست‌مینستر - که بخش اشراف‌نشین آن زمان لندن بود - قصر وایت‌هال متعلق به چارلز دوم و نواحی فقیرنشین حومهٔ لندن نیز مورد تهدید آن آتش‌سوزی مهیب قرار گرفتند، اما آسیبی به آنها وارد نشد. تعداد ۱۳۲۰۰ خانهٔ مسکونی، ۸۷ کلیسای محلی، کلیسای بزرگ سنت‌پل و بیشتر ساختمان‌های دولتی شهر در آن آتش‌سوزی مهیب سوخت و ویران شد. تخمین زده شده است که خانه و سرپناه ۷۰۰۰۰ نفر از کل جمعیت ۸۰۰۰۰ نفری لندن تماماً در کام آتش فرو رفت و نابود شد. با اینکه آمار تعداد جان‌باختگان این حادثه هیچ‌گاه مشخص نشد، اما همیشه اعتقاد بر این بوده است که تعداد کسانی که جان خود را در این آتش‌سوزی بزرگ از دست دادند آن‌چنان زیاد نبوده است؛ زیرا به‌طور رسمی تنها نام تعداد اندکی به‌عنوان قربانیان این فاجعه به ثبت رسیده است. این در حالی است که عده‌ای از پژوهشگران این باور را به چالش کشیده‌اند و اندک‌بودن تعداد جان‌باختگان ثبت‌شده را به دو دلیل نادرست می‌دانند. این پژوهشگران بر این باورند که اولاً اینکه در قرن هفدهم و در زمان آن آتش‌سوزی کسی به فکر ثبت نام جان‌باختگان طبقات فقیر و حتی متوسط جامعه نبوده است و ثانیاً شدت آتش به‌حدی بوده است که به احتمال زیاد شناسایی جسد بیشتر قربانیان - که به‌طور کامل سوخته و به خاکستر تبدیل شده بوده‌اند - امکان پذیر نبوده است [ویراستار].
12. Edme Mariotte (1620 – 1684)
13. Dijon
14. St Martin
15. The French Academy of Sciences (Académie des sciences), http://www.academie-sciences.fr (accessed Jull 10, 2013)
16. Boyle – Mariotte law
17. Jacob Bernoulli, also known as James or Jacques (1654 – 1705)
18. Johann Bernoulli (1667 – 1748)
19. Gottfried Wilhelm von Leibniz (1646 – 1716)
۲۰. وی را با نام‌های ژاک یا ژمز نیز می‌شناسند [ویراستار].
۲۱. وی را با نام‌های ژان یا یون نیز می‌شناسند [ویراستار].
22. Leonhard Euler (1707 – 1783)
23. Daniel Bernoulli (1700 – 1782)
24. *Hydrodynamica* (1738)
25. Fellow member
۲۶. ایزو پریمتریک شاخه‌ای از دانش ریاضیات تحت عنوان حساب تغییرات است.
27. Mode