حرف‌های یک همکار

دکتر محمدرضا توکلی صابری

دکتر توکلی از آن سوی آب‌ها لبیک رازی را پاسخ گفته‌اند. دوست و همکار رازی که هم کتاب‌هایش در ایران منتشر می‌شود و خوانندگان خود را دارد و هم گهگاه دست به قلم می‌شوند و برای رازی مطالبی خواندنی ارسال می‌کنند: ایشان در حال حاضر ساکن آمریکاست و به‌عنوان ادیتور ژورنال‌های فرانسه و انگلیس در دپارتمان بیوشیمی کمیکال ابستراکت فعالیت دارند.

دکتر توکلی که متولد ۱۳۲۵ است سال‌ها مدیر بخش علمی داروپخش بوده و در انتشار مجله طب و دارو نقش موثری ایفا کرده است. در آن سال‌ها، مقالات پر بازتابی در مورد مدعیان دروغین پزشکی منتشر می‌کند و نیز انگشت بر دمل چرکین «شیادی در پزشکی» و «پزشک نما» آن‌هم از تریبون مجله دارو و درمان می‌گذارد. در آن مقالات ایشان کسانی را که قداست و حرمت این حرفه و نیز اخلاق پزشکی را زیرپا می‌گذارند، به شلاق نقد می‌نوازد و با نیش قلم بر آن‌ها می‌تازد.

دکتر توکلی صابری به گفته خودشان گویا قصد تحصیل در رشته پزشکی را داشته‌اند ولی روز اولی که برای ثبت نام به دانشکده پزشکی تهران می‌روند از مسؤول ثبت‌نام می‌شنوند که: دانشکده پزشکی

امسال کمتر از سال‌های قبل دانشجو می‌پذیرد. ناگزیر مسیر خود را باید به سوی دانشکده‌های داروسازی یا دندان‌پزشکی تغییر دهند که نهایتاً روانه دانشکده داروسازی می‌شوند تا در سال ۱۳۴۸ به‌عنوان دکتر داروساز این دانشکده را پشت‌سر گذارند. اما به مدرک دکتری داروسازی بسنده نکرده تحصیلات خود را در دانشگاه دومونفورت انگلستان تا مقطع PhD و نیز در دانشگاه اکستر انگلستان و نیز ماساچوست آمریکا تا مراحل فوق دکتری ادامه می‌دهند.

کار کارستان دکتر توکلی اما پر کردن یک خلاء عمده در عرصه بی‌بار!! کتاب‌های مربوط به دارو در آن سال‌هاست. خودش می‌نویسد: [زمانی که دانشجو بودم کتاب خوب و استاد باسواد بسیار کمیاب بود. سرکلاس همه جزوه می‌گفتند. من که خیلی علاقه به داروسازی داشتم دستم به هیچ کتابی برای کسب معلومات در مورد دارو نمی‌رسید. بعدها کتاب فارماکولوژی دکتر گیتی منتشر شد که اطلاعاتی در این زمینه عرضه می‌کرد. لذا بعد از پایان تحصیل در صدد برآمدم تا اطلاعات مربوط به فرآورده‌های موجود در ایران را در یک کتاب منتشر کنم. با یکی از همکلاسی‌هایم بدون داشتن هیچ کتاب و رفرانسی شروع به جمع‌آوری بروشورهای دارویی از دوستان، آشنایان و داروخانه‌های مختلف کردیم. کار وقت‌گیر و پرزحمتی بود. چون هر کارخانه بروشور خاص خودش را داشت که متن (و چارچوب) آن به‌کلی با متن بروشور دیگر کارخانه‌ها متفاوت بود. زبان آن‌ها هم با یکدیگر فرق داشت. فرمی درست کردیم و ترکیب، موارد مصرف، منع مصرف، بسته‌بندی و سایر مشخصات داروها را از روی بروشورها ترجمه کرده در آن فرم‌ها وارد کردیم. کتاب «اطلاعات دارویی» کشور را با سرمایه مشترک خودمان (دو جوان تازه از دانشکده بیرون آمده) چاپ کردیم. امیدی به فروش و نیز سود نداشتیم فقط خواسته بودیم کاری بکنیم (و عدمی را وجود بگردانیم). کتاب با آن که بسیار ناقص بود مورد استقبال گسترده داروسازان و نیز پزشکان قرار گرفت و به چاپ‌های بعدی رسید.

در سال ۱۳۶۰ نیز اولین کتاب حاوی «داروهای ژنریک» را با کمک یکی دیگر از همکاران فراهم کردم که آن‌هم مورد استقبال قرار گرفت. در سال ۱۳۶۴ اولین فرهنگ داروپزشکی را به زبان انگلیسی، فرانسه و فارسی با همکاری دو تن از همکارانم منتشر کردم امسال هم اولین فرهنگ داروسازی انگلیسی ـ فارسی منتشر خواهد شد و داروسازان نیز فرهنگ ویژه خود را خواهند داشت.]

کارنامه قلمی دکتر توکلی اما پربارتر از این حرف‌هاست هرچند خودشان فهرست کامل کتاب‌هایشان را ذکر نکرده‌اند اما نگارنده کتاب‌های مثل «جایی که پزشک نیست»، «گیاهان دارویی پروفسور هانس فلوک»، «به ژنوم خوش آمدید» و آخرین کار ترجمه ایشان (که سخت خواندنی و جذاب هم هست) «۶ نظریه‌ای که جهان را تغییر داد» را به‌خاطر می‌آورد. دکتر توکلی از تریبون رازی نیز حرف‌های قابل تاملی را برای مخاطبان رازی باز گفته‌اند به‌هر حال با توجه به انس ایشان با رازی و این که شورای تحریریه رازی ایشان

را عملاً از اعضاء تحریریه محسوب می‌کنند، پرسش‌نامه «گپ و گفتی با چند تن از یاران رازی» را با یک کلیک خدمتشان روانه کردیم. قبلاً از ایشان قول همکاری و مصاحبه از راه دور را گرفته بودیم که با خوشرویی مندرج در کلماتشان پذیرفته بودند با ذکر این نکته که «در این روزها عازم سفر هستم ولی در بازگشت حتماً». این قولنامه الکترونیک در اوایل اسفند انجام شد. اما نهایتاً پرسش‌نامه «گپ و گفت» در اول اردیبهشت رفت و هفته قبل باز آمد. آقای دکتر تازه از گرد راه رسیده و هنوز خستگی از جان نزدوده میل را گشوده، و پاسخ به پرسش‌ها را مرحمت کرده بودند. شاید تذکر این نکته هم برای دوستان و همکاران داروساز خالی از جذابیت نباشد که مدتی است دکتر صابری «دنبال پای ناصر خسرو و سفرنامه» اوست. کارشان در این بخش سرزدن به سرزمین‌ها و آفاقی است که ناصرخسرو تجربه کرده است. با توجه به دست به قلم بودن ایشان با تکمیل آن سیر و سلوک، قطعاً سفرنامه‌ای خواندنی رهاورد آن دیدارها خواهد شد که مشتاقانه در انتظارش خواهیم بود. البته من فضولی هم کردم و پرسیدم که کجاها سفرکردید؟

که را می‌جویید و چه را؟

و ...

به‌هرحال تا اینجا که در «گپ و گفت» رازی مشارکت کرده‌اند ممنون و سپاسگزار ایشان هم هستیم. سئوالات و پاسخ مرحمتی ایشان را بخوانید و در پایان آن پیشگفتار برگرفته از یکی از فصل‌های آخرین کتاب ایشان «۶ نظریه‌ای که جهان را تغییر داد» را مرور بفرمایید.

سئوالات کلی و عام

۱ ـ بزرگترین دست‌آورد بشر؟

کشف روش علمی

۲ ـ بزرگترین گم شده انسان‌ها (در عصر حاضر)

معنویت

۳ ـ مقصد عالی زندگی به نظر شما چیست؟

خدمت به همنوع در هر جایی که هستم.

۴ ـ حاصل مطلوب عمر بشر (به روایت شما)؟

خدمت مفید به همنوع

۵ ـ الگوی زندگی شما (علمی، اجتماعی، ورزشی اخلاقی، هنری)؟

علمی: لینو پاولینگ، فرانسیس کریک، اجتماعی: برتراندراسل، جیمز رندی

۶ ـ الگوهای جوانان عصر حاضر (هزاره سوم) در همان زمینه‌ها چه کسانی می‌توانند باشند؟

نمی‌دانم، هر کس باید الگوهای خودش را انتخاب کند. نمی‌توان برای دیگران الگو انتخاب کرد.

۷ ـ هدف از درس خواندن و تحصیل علم؟

برای من فهم بهتر جهان بوده است.

۸ ـ تعریف مسؤولیت حرفه‌ای؟

انجام حرفه با توجه به مقررات اخلاقی و اجتماعی تعریف شده

۹ ـ عاقبت به خیری را در چه می‌بینید؟
در زندگی کردن متوازن و متعادل بودن

۱۰ ـ نقش پول در زندگی؟
بی‌اهمیت نیست. اما عمده و بسیار مهم هم نیست.

۱۱ ـ رابطه‌ای میان تحصیل و پول وجود دارد؟ چرا؟
نه، بسیاری از تحصیل کرده‌ها بی‌پول هستند و بسیاری از تحصیل نکرده‌ها پولدار. زیرا پول درآوردن به مقدار کوششی است که در راه گردآوردن آن می‌شود. و نه به مقدار دانش کسب شده.

۱۲ ـ چگونه می‌شود (می‌شد) دنیای بهتری داشت؟
هیچ‌گاه، دنیا همیشه همین‌طور بوده است. بهتر و بدتر بودن در ذهن پرسش کننده است. از این بهتر نمی‌شود!

۱۳ ـ نقش مطالعه و کتاب (در زمینه‌های عمومی و غیرتخصصی) چیست؟
کتاب و مطالعه مهمترین بخش زندگی مرا تشکیل می دهد. بدون آن برای من زندگی بی‌معنی است.

۱۴ ـ هنر برای زندگی لازم است؟ دلیل آن؟
هنر برای زندگی البته که لازم است. هنر زندگی کردن، از بهترین هنرها است.

۱۵ ـ نقش مطالعه تخصصی (مرتبط با حرفه) در حفظ و ارتقای قابلیت‌های حرفه‌ای؟
بسیار اهمیت دارد. بدون آن می‌توان در جوانی هم فسیل شد. از آن فسیل‌های ناب!

۱۶ ـ راه رستگاری جوان‌ها از دانشگاه می‌گذرد؟ چرا؟
نه از دانشگاه نمی‌گذرد. رستگاری با تحصیل به دست نمی‌آید.

۱۷ ـ اگر جوانی نتوانست به رشته دلخواه خود راه یابد، چه کار باید بکند؟
باید سعی دوباره کند و یا توقعات و برنامه زندگی‌اش را با رشته‌ای که برایش تعیین کرده‌اند سازگاری دهد.

۱۸ ـ جوان‌ها شاداب و امیدوارند یا سرخورده و دلگیر؟ چرا؟
جوانان ایرانی را که من دیدم بسیار پرتوقع و وابسته هستند. علتش نیز این است که در درجه اول خانواده و سپس اجتماع آن‌ها را چنین بار می‌آورد. گویی که تخم دو زرده‌اند. به همین علت است که بیشتر سرخورده‌اند و پیش از آن که خودشان دست به کاری بزنند انتظار دارند که برایشان کاری انجام شود.

۱۹ ـ توصیه شما به این جوان‌ها چیست؟ (راه حل عملی)
خودتان را باور کنید و به هیچ کس دیگری جز خود اتکا نکنید، آن وقت معجزه خواهید کرد.

سئوالات کمی تا قسمتی خصوصی

۱ ـ تعداد اولاد؟
دو نفر

۲ ـ رشته تحصیلی یا شغل فرزندتان؟
مدیریت و روزنامه‌نگاری

۳ ـ چرا به این شغل یا رشته گرایش یافته‌اند؟
در کشوری که هستم این رشته‌ها بسیار محترم و پولساز هستند.

۴ ـ علت نزدیکی یا دوری آن‌ها از رشته تحصیلی خودتان در چیست؟
تاکید زیاد بر آموختن علوم تجربی

۵ ـ از سال‌های رفته عمر، راضی هستید؟ چرا؟
بلی، چون به آن چه خواستم رسیده‌ام، گویی که چیز زیادی نبود.

۶ ـ نگرانی عمده شما برای نسل آینده؟ همیشه نسل‌های قبلی نسبت به نسل بعدی انتقاد دارند. این را منطقی می‌دانید؟ دلیل آن؟
بی‌هویتی، طبق کتیبه‌های موجود، از پنج هزار سال قبل هر نسلی از نسل بعدیش شکایت داشته است. علت آن تفاوت دو نسل در دو دنیای متفاوت بوده است که به علت پیشرفت زمان حاصل شده است.

۷ ـ جوان‌ها اوقات فراغت‌شان را چگونه می‌گذرانند؟
جوانان ایرانی را نمی‌دانم. جوانان آمریکایی با مطالعه، شنیدن موسیقی و گفتگو با تلفن همراه از طریق ارسال پیامک و یا گردش در اینترنت وقت خود را می‌گذرانند.

۸ ـ کدام مقطع عمر را بیشتر می‌پسندید؟ (ایام کودکی، عصر نوجوانی، جوانی، میان سالی، سال خوردگی) چرا؟
همه‌اش را. هر دوره لطف خودش را دارد. اما دوست داشتم حالا با تجربه این سال‌ها سی سال جوان‌تر باشم!

۹ ـ واقعاً قبول دارید که وقت طلاست؟
نه، به هیچ‌وجه، طلا ارزشش بسیار کمتر از وقت است. وقت یعنی عمر یک انسان که کالایی گرانبها است و قیمتی ندارد.

۱۰ ـ غیر از شغل فعلی، گزینه دوم و سوم حرفه‌ای چیست؟
نویسندگی علمی و ادبی تمام وقت، نواختن در یک گروه موسیقی راک.

۱۱ ـ چند سطر درباره ۲۰ سالگی رازی بنویسید؟
چندین سال پیش وقتی رازی اعلام کرد که دیگر نمی‌تواند از کمک‌های دولتی استفاده کند و بر اساس آبونمان خوانندگانش می‌تواند ادامه دهد متاسف شدم اما از این صداقت و تصمیم خوشم آمد. آرزو کردم که موفق باشند چون کار بر پایه درست استوار می‌شود. حال که به بیست سالگی رسیده است معلوم است

که حاوی مطالبی هست که خوانندگانش به خاطرش پول می‌پردازند. امیدوارم کار رازی همچنان ادامه یابد.

سئوالات مربوط به علایق و سلایق

۱ ـ کتاب محبوب روزگار جوانی شما؟
معراج‌السعاده

۲ ـ فیلم دلخواه روزگار جوانی شما؟
زیاد به سینما نمی‌رفتم. ولی آواره راج کاپور هنوز در خاطرم مانده است.

۳ ـ ورزش محبوب ایام جوانی و ستاره‌های محبوب شما؟
فوتبال، ستاره محبوبی نداشتم.

۴ ـ آخرین فیلمی که دیده و پسندیده‌اید؟ (چرا پسندیده‌اید؟)
Life on earth، طنز جالبی داشت

۵ ـ آخرین کتابی که خوانده‌اید و پسندیده‌اید؟
«ده تا از زیباترین آزمایش‌های علمی». آن قدر از آن خوشم آمد که آن را ترجمه کردم و به زودی منتشر می‌شود.

۶ ـ پنج شخصیت جهانی محبوب شما در حال حاضر (اجتماعی، سیاسی، علمی، اخلاقی، هنری ورزشی و ...)؟
ماندلا، ریچارد داوکینز، جیمز رندی

۷ ـ خاطره اولین روز ورودتان به دانشگاه (در کسوت دانشجو)؟
همان روزهای اول مراسم بازنشستگی دکتر گل گلاب استاد گیاه‌شناسی بود. در ضمن معرفی ایشان آقای دکتر فرسام گفتند که ایشان همان کسی هستند که در کتاب سرودها زیر سرودها اسمشان نوشته شده است. به این ترتیب یکی از معماهای بزرگ زندگی من حل شد. زیرا در وقتی که در دبستان بودم این سرودها را می‌باید حفظ می‌کردیم و همیشه برای من این پرسش وجود داشت که گل گلاب چیست که در زیر همه سرودها نوشته شده است؟ چون به نظر نمی‌آمد که اسم کسی باشد. ایشان سراینده سرود معروف ای ایران ای مرز پرگهر هستند.

۸ ـ درس محبوب و درس نامحبوب دوران دانشکده؟
درس محبوب شیمی آلی دکتر لاله زاری، درس نامحبوب فارماکولوژی دکتر نظامی

۹ ـ اوقات فراغتتان را چگونه پر می‌کنید؟ (تماشای تلویزیون، گشت در اینترنت، مطالعه، ورزش و ...)
همه این‌ها، منتها بیشترین سهم را خواندن و نوشتن دارد.

۱۰ ـ در مورد SMS، چت، ای‌میل و ... چه فکر می‌کنید؟ «ای نامه که می‌روی به سویش» را ترجیح نمی‌دهید؟
دوران نامه نوشتن و چاپار و پست به سرآمده است. عصر الکترونیک است و از آن‌هایی که ای‌میل

خود را به سرعت پاسخ نمی‌دهند شکایت دارم.

۱۱ ـ چه رمانی را دوست دارید یک بار دیگر (در صورت داشتن فرصت) بخوانید؟

هیچ رمانی را دوباره نمی‌خوانم. می‌خواهم طعم لذت خواندن بار اول آن همیشه در ذهنم باقی بماند.

۱۲ ـ دوست دارید کجاها را در ایران یا جهان سیاحت کنید؟

بیشتر نقاط دیدنی و دورافتاده ایران و بیشتر کشورهای جهان را گشته‌ام، به ویژه که در چند سال اخیر که به دنبال پای ناصرخسرو، سفرنامه به دست مسیری طولانی را از مرو به مکه و از مصر به مکه و مرو رفتم و به مکان‌هایی که او رفته بود و چشم دوخته بود رفته و نگریستم.

۱۳ ـ با شنیدن اسم «رازی» چه چیزی به ذهنتان می آید؟

الکل طبی!

۱۴ ـ در مورد این شخصیت‌ها چه فکر می‌کنید؟

□ ویکتور هوگو

زیادی سانتی مانتال است.

□ بیل گیتس

زرنگ پولدار

□ شهریار

بعضی شعرهایش را دوست دارم

□ سهراب سپهری

بعضی شعرهایش زیباست، حیف که زود فوت کرد و نرسید آن‌ها را کمال بخشد

□ نلسون ماندلا

سمبل آدم اصولی و با شخصیت

□ دکتر حسابی

شهرتی که با کارش تناسبی نداشت. یک بوروکرات خوب. همین. بقیه‌اش تبلیغات تو خالی است.

۱۵ ـ در هر مورد و زمینه‌ای که دلتان می‌خواهد بنویسید؟

به علت کمی وقت تمام این پرسش‌ها را در یک وعده و یک نفس و با شتاب تایپ کردم.

در پاسخ به آخرین سئوال که خواسته بودیم «در هر مورد و زمینه‌ای که دلتان می‌خواهد بنویسید» ایشان مرقوم فرموده بودند: بپرسید تا بنویسم وگرنه هفتاد من کاغذ شود.

تنگی مجال امکان طرح سئوال را فراهم نکرد چرا که مدتی قبل آخرین کتاب ایشان را مرور کرده و می‌خواستم شمه‌ای از آن را خدمت همکاران و خوانندگان محترم رازی به نحوی شرح دهم. این بود که فرصت را غنیمت شمردم. رفتم سراغ کتاب «۶ نظریه‌ای که ...» این کتاب توسط پل استراتون استاد فلسفه و ریاضیات دانشگاه کینرینگتون نوشته شده، دکتر توکلی به اتفاق آقای بهرام معلمی این کتاب خواندنی را ترجمه و انتشارات مازیار هم آن را منتشر کرده‌اند. کتاب قصد معرفی ۶ شخصیت علمی برگزیده و توضیح کشف و اختراع و نظریه‌های آنان را دارد که هر یک تاثیری شگرف برجا گذاشته و تغییری در جهان را موجب گردیده است:

■ نیوتون و جاذبه: که نگاهی هوشمندانه و آگاهی

دهنده به پدر فیزیک دارد. کارها سنت‌شکنی‌ها و نظریه بزرگش که چه چیزی موجب می‌شود تا ما به فضا پرتاب نشویم.

■ اینشتین و نسبیت: شرح درخشانی از نظریه نسبیت و نگاهی شگفت به مردی که سرنوشت قرن بیستم را تغییر داد.

■ هاوکینگ و سیاه‌چاله‌ها: نگاهی روشنگر بر کارهای آینده‌نگر و اراده آهنین هاوکینگ. مردی که با جثه ولو شده روی صندلی چرخدارش فقط با ذهنش سخن می‌گوید و هیجان‌انگیزترین تفکرات کیهان شناختی تراویده از مغز اوست. نابغه‌ای که در ۲۰ سالگی با کسب رتبه اول وارد کمبریج می‌شود آن هم در سالی که کریک و واتسون در همان دانشگاه برنده جایزه نوبل به خاطر کشف ساختار DNA می‌شوند.

هاوکینگ به زودی دچار نوعی بیماری تن‌فرسا می‌شود (ALS). بیماری عضلاتش را تحلیل می‌برد و سرانجام توان تکلم را از او سلب می‌کند. جسم دچار زندگی نباتی می‌شود اما مغز کاملاً فعال و هوشیار با نبوغی بی‌مانند به‌کار ادامه می‌دهد که تا امروز هم این فعالیت ادامه دارد.

■ کوری و رادیواکتیویته: گزارشی مشروح از زندگی پراحساس و آشوب ماری کوری

■ تورینگ و کامپیوتر: که پیشگفتار همین فصل را در صفحات پیش رو ملاحظه خواهید فرمود.

■ کریک، واتسون و DNA: تصویر دقیق و هوشمندانه از کارها و زندگی این دو دانشمند مطالعه این کتاب را خدمت شما توصیه می‌کنیم اگر می‌خواهید مطمئن شوید که باید آن را بخوانید به پیشگفتار فصلی از کتاب عنایت بفرمایید.

تصویر روی جلد کتاب «۶ نظریه‌ای که جهان را تغییر داد.»

دکتر محمدرضا توکلی صابری

پیشگفتار

می‌توان گفت که اختراع کامپیوتر یکی از بزرگترین دستاوردهای تکنولوژیکی بشریت است. کامپیوتر را می‌توان در ردیف استفاده از آتش، کشف چرخ، و کاربرد الکتریسیته دانست. این پیشرفت‌ها نیروهای طبیعی را مهار کرد اما کامپیوتر هوش را به کنترل درآورد.

بیش از ۹۰ درصد همه دانشمندانی که تاکنون زیسته‌اند هم اکنون زنده هستند و سرعت کارشان توسط کامپیوتر روز به روز افزایش می‌یابد. (نقشه‌برداری از ژن‌های انسان احتمالاً نیم قرن زودتر از آن‌چه در زمان کشف ساختمان آن پیش‌بینی می‌شد انجام گرفت، آن هم فقط به‌خاطر کامپیوتر بود.)

اما نباید بیش از حد امیدوار بود. در کمتر از ۱۵۰ سال پیش از این همین انتظارها را از ماشین بخار داشتند و خط‌کش محاسبه کمتر از یک قرن دوام یافت. پیشرفت‌هایی که کامپیوترها را به کناری اندازند قابل تصور نیستند، زیرا هنوز حاصل نشده‌اند.

حتی پیش از آن که اولین کامپیوتر ساخته شود محدودیت‌های تئوریکی آن را می‌شناختیم. می‌دانستیم که چه چیزی را می‌تواند محاسبه کند و حتی هم‌چنان که اولین کامپیوترها را سر هم می‌کردند، کیفیت بالقوه قدرت آن‌ها شناخته شده بود، آن‌ها می‌توانستند هوش مصنوعی خود را به‌وجود آورند. یک نفر مسؤول این دو مفهوم بود ـ نام او آلن تورینگ (Alan Turing) بود.

تورینگ شخصیت ویژه‌ای داشت و خود را همانند یک کامپیوتر محسوب می‌کرد. او بر روی ماشین محاسبه کولوسوس (Colossus) نیز کار می‌کرد که رمز ماشین انیگما (Enigma) آلمانی را در جنگ جهانی دوم کشف کرد. تورینگ همانند ارشمیدس مجبور شد یک شغل درخشان در ریاضیات را به کنار بگذارد تا بتواند کشورش را نجات دهد. ارشمیدس موفق نشد و با شمشیر یک سرباز رومی کشته شد. تورینگ موفق شد. تورینگ پس از مرگ نابهنگامش به کلی فراموش شد، اما اکنون به‌طور فزاینده‌ای به‌عنوان چهره‌ی مهمی در تاریخ کامپیوتر شناخته می‌شود.

کامپیوترها در پیش از دوران معاصر

اولین کامپیوتر، چرتکه بوده است. این شیوه‌ی محاسبه حتی پیش از چرخ اختراع شده است. (تمایل ما به این که سرمان کلاه نرود ظاهراً عمیق‌تر از نیاز به راحت‌تر سفر کردن است). مدارک باستان‌شناسی نشان می‌دهد که در حدود ۴۰۰۰ سال پیش از میلاد مسیح از شکلی از چرتکه در چین و خاورمیانه استفاده می‌شده است. به‌نظر می‌رسد که چرتکه به‌طور مستقل در هر یک از این دو ناحیه تکامل پیدا کرده است. بعضی‌ها معتقدند که این موضوع اولویت ریاضیات را نشان می‌دهد: نیاز به محاسبه ظاهر یک کارکرد ناگزیر در شرایط انسانی است.

«چرتکه» یا Abacus از واژه‌ی بابلی alaq به معنی «خاک» مشتق شده است. محققین برای این استنباط چشمگیر توضیح کاملاً استادانه‌ای پیدا کرده‌اند. برطبق یک نظریه، تمام محاسبات در ابتدا بر روی خاک انجام می‌گرفت، بنابراین خاک نامی شد برای هرگونه محاسبه. برطبق نظریه‌ی دیگر، شیوه محاسبه با چرتکه ابتدا به شکل

خطوطی بر روی خاک رسم می‌شد.
در واقع چرتکه مطلقاً یک کامپیوتر نیست. محاسبه واقعی توسط به‌کار گیرنده چرتکه انجام می‌شود، که برنامه (مهارت ریاضی لازم) را باید در سرش داشته باشد.
چرتکه، چه کامپیوتر باشد چه نباشد، و برنامه انسانی آن به طور مطمئن در سراسر اروپا و آسیا تا قرون وسطی برای محاسبه به‌کار می‌رفته است. سپس مفهوم صفر وارد ریاضیات شد که برای محاسباتی که با چرتکه انجام می‌شد مشکلاتی را پیش آورد. در نتیجه ریاضی‌دانان بزرگ به سرعت از این وسیله کودکانه دوری گرفتند. با این وجود تا قرن‌ها پس از آن از چرتکه به‌عنوان ماشین حساب، کامپیوتر و خیلی چیزهای دیگر استفاده می‌شد. در واقع تا همین امروز هم چرتکه نقش عمده‌ای را در اقتصاد محلی بخش‌هایی از آسیای مرکزی و روسیه بازی می‌کند.
تاریخ ساخت اولین ماشین‌های حسابگر هنوز هم نامعلوم است. در سال ۱۹۰۰ غواصان یونانی در نزدیکی جزیره آنتیکیترا در دریای اژه یک کشتی شکسته مربوط به سال اول پیش از میلاد مسیح را پیدا کردند. در میان مجسمه‌ها و کوزه‌های شکسته قطعاتی از برنز زنگ‌زده‌ای را پیدا کردند که به نظر می‌رسید بخشی از یک ماشین باشد. پنجاه سال پس از این واقعه پژوهشگران توانستند بفهمند که چگونه این قطعات را به هم بچسبانند و یک مدل قابل استفاده بسازند. معلوم شد که این مدل یک نوع ماشین محاسبه ستاره‌شناسی است که درست مانند یک کامپیوتر آنالوگ امروزین کار می‌کرده است، یعنی از قطعات مکانیکی برای محاسبه استفاده می کرده است. دسته‌ای را می‌چرخاندند که دنده‌هایی را به‌کار می‌انداخت، که به نوبه‌ی خود صفحاتی را می‌گرداند که از روی آن‌ها می‌شد محل خورشید و سیارات را در منطقه البروج پیدا کرد.
آن چه این کشف را شگفت‌آور می کند این است که وسیله‌ای بی‌نظیر است. چیزی که کمترین شباهتی را با آن داشته باشد هیچ‌گاه از این دوران تاریخی به‌دست نیامده است. در متون باستانی یونانی هیچ ذکری از این ماشین یا چیزی شبیه آن در میان نیست. هیچ فیلسوف، شاعر، ریاضیدان، دانشمند و یا ستاره‌شناسی اشاره‌ای به چنین شی نمی‌کند. براساس معلومات کنونی ما از علوم یونانیان باستان، هیچ سابقه و یا دانشی که بتواند چنین ماشینی را بسازد وجود نداشته است. به نظر می‌رسد که شاید اولین کامپیوتر دستگاهی عجیب و غریب بوده باشد، شاید یک اسباب‌بازی بوده که توسط یک نابغه گمنام مطلع از مکانیک ساخته شده و بعد هم از صفحه‌ی روزگار محو شده است. شخصی عجیب و غریب که بدون هیچ اثرگذاری مانند ستاره دنباله‌دار محو می‌شود. سپس هیچ خبری نیست ـ تا هزار و پانصد سال بعد.
اولین ماشین حساب مکانیکی «واقعی» در سال ۱۶۲۳ توسط ویلیام شیکارد، استاد زبان عبری در دانشگاه توبینگن ساخته شد. شیکارد دوست ستاره‌شناس یوهانس کپلر بود که قوانین حرکت سیارات را کشف کرد. کپلر علاقه‌ی نهانی به ریاضیات را که طی سالیان دراز فراموش شده بود در این استاد زبان عبری بیدار کرد که به نظر می‌رسد که قدرت محاسبه‌اش طی سال‌ها ظاهراً کمی ضعیف شده بود. بنابراین او تصمیم گرفت تا ماشینی برای کمک به جمع‌زدن بسازد. ماشین شیکارد «ساعت محاسبه» نام داشت. این ماشین به ستاره‌شناسان کمک می‌کرد تا جدول نجومی (موقعیت آینده خورشید، ماه و سیارات) را محاسبه کنند.
متاسفانه نمی‌دانیم که آیا این ماشین کار می‌کرده یا خیر و اگر کار می‌کرده دقیقاً چگونه بوده است. اولین و تنها نمونه‌ی این ماشین ناقص ماند زیرا ماشین و نقشه آن طی جنگ‌های سی ساله در اثر آتش‌سوزی از میان رفت. بدین ترتیب نام شیکارد به حاشیه‌ی تاریخ رانده شد تا به‌عنوان مخترع مهمترین پیشرفت تکنولوژیکی پس از اختراع یراق اسب.
البته می‌دانیم که ماشین شیکارد پیشگام کامپیوترهای دیجیتال است که ورودی آن به شکل عدد است. برای نوع دیگر کامپیوتر، یعنی کامپیوتر آنالوگ، ورودی (و خروجی) به جای اعداد، از یک کمیت قابل اندازه‌گیری ـ مانند ولتاژ وزن و طول استفاده می‌شود. در اولین کامپیوتر آنالوگ

یعنی خط‌کش محاسبه که در سال‌های ۱۶۳۰ اختراع شد از طول استفاده می‌شد. ساده‌ترین خط‌کش محاسبه از دو خط‌کش درست شده است که هر دو با مقیاس لگاریتمی مدرج شده‌اند. با حرکت دادن دو خط‌کش در برابر هم و قرار دادن یک عدد در برابر عدد دیگر، به راحتی می‌توان حاصل ضرب و تقسیم را پیدا کرد.

خط‌کش محاسبه توسط ویلیام آوت رد اختراع شد که پدرش در اتون کار می‌کرد و به افراد بی‌سواد خواندن و نوشتن می آموخت. پسرش به‌عنوان کشیش به فرقه مقدس پیوست، اما همانند پدرش در کنار این کار به تدریس هم می‌پرداخت. در سال ۱۶۳۰ او اولین خط‌کش محاسبه را ساخت (که از دو خط‌کش ساخته شده بود). چند سال بعد خط‌کش محاسبه دایره‌ای شکل را ابداع کرد (که به جای دو خط‌کش متحرک یک دایره متحرک در درون یک حلقه بود) متاسفانه یکی از شاگردانش این طرح را دزدید و زودتر از او آن را منتشر ساخت و ادعا کرد که کشف خودش است. آوت رد ناراحت شد و دوران خوشی او به پایان رسید. گفته می‌شود او که یک سلطنت‌طلب وفادار بود، پس از شنیدن خبر بازگشت چارلز دوم به تخت سلطنت از «شدت خوشحالی» درگذشت.

خط‌کش محاسبه‌ی ابتدایی طی سالیان دراز به ابزاری تبدیل شد که می‌توانست محاسبات پیچیده‌ای را انجام دهد. از میان کسانی که به تکمیل آن کمک کردند جیمز وات است که از آن برای محاسبه طراحی ماشین بخار خود در سال‌های ۱۷۸۰ استفاده کرد. پیشرفت بعدی توسط آمادیه مانهایم افسر توپخانه اهل فرانسه انجام گرفت. او شکل پیشرفته‌ای از خط‌کش محاسبه را ساخت که او را قادر ساخت تا در امتحانات خود نتایج عالی به‌دست آورد و پیشه موفقی را در زمینه آموزش نظامی آغاز کند. مدل خط‌کش محاسبه مانهایم بود که در نیمه اول قرن بیستم کاربرد فراوانی پیدا کرد ـ همانند جزیی از لباس شد که در جیب بالای روپوش سفید هر محقق یافت می‌شد.

به کامپیوتر دیجیتال بازگردیم. پیشرفت بعدی در این زمینه توسط بلز پاسکال ریاضیدان فرانسوی قرن هفدهم حاصل شد که اتفاقاً در سال ۱۶۲۳ میلادی به دنیا آمد که همزمان بود با سالی که شیکارد «ساعت محاسبه» را اختراع کرده بود. پدر پاسکال مأمور مالیات دولت بود ـ که جمع‌آور وجوه نقدی برایش مشکل بود، چه برسد به این که گزارش لازم برای خزانه‌دار سلطنتی را هم تهیه کند. پسر جوان و بااستعدادش برای کمک به او بر آن شد تا یک ماشین حساب بسازد. پاسکال در سن نوزده سالگی یک مدل از این ماشین را ساخت. اعداد توسط چرخ‌های شماره‌داری که با میله‌هایی به چرخ‌دنده‌هایی متصل بود به ماشین وارد می‌شد. ماشین پاسکال توانایی جمع و تفریق تا هشت رقم را داشت. این ماشین بسیار پیچیده بود، و آخرین تکنیک‌های مکانیکی موجود، و گاهی فراتر از آن‌ها را به‌کار می‌گرفت. دندانه‌های این ماشین مشکلاتی را ایجاد می‌کرد. ولی پاسکال یک فرد بسیار دقیق بود و ادعا می‌کرد که «بیش از ۵۰ مدل از این ماشین را که همه متفاوت بودند» ساخته است. پاسکال نه تنها یک ریاضیدان بزرگ بود، بلکه بزرگترین فیلسوف مذهبی زمان خویش بود. او که سلامتی‌اش را از دست داده بود، تعصب مذهبی‌اش به نسبت عکس وضعیت سلامتی‌اش افزایش یافته بود. اما تا پایان عمر یک ریاضیدان باقی ماند، حتی ایمان را به احتمالات ریاضی تقلیل داد. به نظر او اگرچه می‌توان احتمال عدم وجود خداوند را محاسبه کرد، بهتر است شرط بست که خدا وجود دارد ـ زیرا اگر او وجود نداشته باشد چیزی را از دست نمی‌دهیم.

هفت تا از ماشین‌های پاسکال هنوز در دسترس است: شاهکارهای استادانه‌ای است که از اصولی استفاده می‌کند که هنوز هم در کامپیوترهای مکانیکی از آن‌ها استفاده می‌شود. تعدادی از ماشین‌های پاسکال که باقیمانده است به‌خوبی کار می‌کنند ـ اگرچه هیچ‌کس نمی‌داند چگونه از آن‌ها برای محاسبه احتمال عدم وجود خداوند استفاده کرد.

پیشرفت مهم بعدی در کامپیوترهای دیجیتال توسط فیلسوف آلمانی زیگفرید لایب‌نیتس انجام شد که لئوناردو داوینچی زمان خود بود. چیزهایی را که لایب‌نیتس بنا

کرد عبارت بودند از دو فلسفه (یکی خوش‌بینانه و دیگری بدبینانه)، یک طرح مشروح برای حمله به مصر، پانزده جلد در مورد تاریخ خانواده سلطنتی هانوور ـ و یک ماشین حساب که بسیار پیشرفته‌تر از ماشین پاسکال بود.

علاقه‌ی لایب‌نیتس به ماشین‌های حساب بیش از حد عملی آن‌ها بود. به هنگامی که هنوز در دانشگاه بود مقاله‌ای درباره‌ی مبانی نظری ماشین حساب و توانایی‌های آن‌ها نوشت (این مقاله راه را برای نظریات ابتدایی تورینگ درباره‌ی این موضوع در حدود سیصد سال بعد باز کرد). در همان موقع ریاضیات دودویی را ابداع کرد، که بعدها زبان کامپیوترهای دیجیتال شد ـ گو این که این دو را با هم ترکیب نکرد.

لایب‌نیتس ماشین حساب خود را در سال ۱۶۷۳، پس از دیدن ماشین پاسکال در پاریس اختراع کرد. متاسفانه لایب‌نیتس در آن موقع بی‌پول بود و کوشش‌هایش برای این که ماشین را از نظر تجارتی قابل استفاده کند به‌جایی نرسید. (ماشین پاسکال بسیار پیچیده‌تر از آن بود که توسط کس دیگری جز خودش ساخته شود.) به محض این که لایب‌نیتس ماشین خودش را تکمیل کرد به انگلستان رفت تا آن را در انجمن پادشاهی نشان دهد. اعضای انجمن علاقه‌ای به آن نشان ندادند و او این پروژه را در همان مرحله تهیه نمونه به کناری نهاد.

با همه‌ی این محدودیت‌ها، ماشین لایب‌نیتس بسیار قابل توجه بود. زیرا همانند ماشین پاسکال توسط تعدادی چرخ‌دنده کار می‌کرد. اما قادر بود کارهایی بیشتر از ماشین پاسکال را انجام دهد. از همان ابتدا می‌توانست عمل ضرب را انجام دهد (با جمع‌کردن‌های مکرر) اما ابزارهایی به آن افزود که می‌توانست تقسیم کند و نیز جذر اعداد را بگیرد.

لایب‌نیتس آینده‌ی درخشانی را برای ماشین‌های حساب می دید، اگرچه دیگر هیچ‌گاه فرصت کوشش‌های علمی در این زمینه را پید ا نکرد. این موضوع ذهن همیشه فعال او را از فکر درباره‌ی ماشین‌های حساب و نقشی که ممکن است در جهان آینده بازی کنند باز نداشت. به نظر او تمام نزاع‌های اخلاقی را می‌توان روزی توسط ماشین‌های حساب حل کرد. فقط کافی بود تا استدلال‌های مختلف را به ماشین داد و ماشین «محاسبه می‌کرد» که کدام استدلال قوی‌تر است. (اگرچه اصول دقیق این محاسبات درحد همان محاسبه احتمال عدم وجود خداوند ماند ـ که برای همه رازی بود، جز برای نابغه‌ای که آن را ابداع کرده بود).

لایب‌نیتس هم به شیوه‌ای مشابه پیش‌بینی کرد که ماشین‌های حسابگر وجود قضات را زاید می‌سازد: دادگاه‌های قانونی آینده به ریاست ماشین‌های حساب تشکیل می‌شود ـ که هم نوع اتهام و هم مجازات مناسب را تعیین می‌کند. چنین پیش‌بینی‌های پیش ـ علمی ممکن است داستان‌های ترسناک کامپیوتری را در نظر آورد، ولی لایب‌نیتس به‌طور متفاوتی به آن می‌نگریست. او اساساً شخص خوش‌بینی بود، و معتقد بود که «همه‌ی آن‌ها سودمند است و در این موضوع بهترین همه جهان‌های ممکن نهفته است.» اگر او انرژی استثنایی خود را بیشتر وقف تهیه ماشین‌های حساب می‌کرد، معلوم نیست چه جهان ممکنی را این ماشین‌ها ایجاد می‌کردند.

پیشرفت مهم بعدی در این زمینه توسط یک فرد کاملاً خارج از این تخصص انجام گرفت. ژوزف ماری ژاکارد یک تکنسین ماشین‌های بافندگی در فرانسه بود. در اوایل قرن نوزدهم او یک ماشین بافندگی اختراع کرد که نقشه بافت توسط کارت‌های سوراخ شده کنترل می‌شد. بدین ترتیب مفهوم برنامه‌نویسی برای ماشین‌ها آغاز شد، اگرچه ژاکارد هیچ تصوری در مورد اهمیت این اختراع نداشت. او این مفهوم را دقیق‌تر و بهتر کرد. ماشین‌های او در طی سال‌های ۱۸۲۰ باعث شورش‌هایی در لیون شدند، زیرا کارگران بافندگی که کارشان را از دست داده بودند به کارخانه‌ها حمله کردند و بسیاری از ماشین‌های او را نابود کردند. روش ژاکارد هنوز هم برای بافتن الگوهای پیچیده به‌کار می‌رود.

ماشین‌های حساب مکانیکی پیچیده، مفهوم برنامه‌نویسی

تئوری اعداد حساب کردنی ـ یعنی عناصر اصلی کامپیوترهای مدرن ـ داشتند ظاهر می‌شدند. اما فقط یک نابغه تشخیص داد که چگونه این عناصر مجزا را می‌توان با همدیگر ترکیب کرد. چارلز باباژ را عموماً پدر کامپیوتر می‌شناسند. مانند هر نابغه‌ای در زمینه‌های عملی، او بدجوری به معنی واقعی کلمه غیرعملی بود. اما اکتشافات و دستاوردهای او یک قرن جلوتر از زمانش بود.

باباژ در سال ۱۷۹۱ متولد شد و ثروت فراوانی را به ارث برد. او که جوان مهربانی بود به سرعت استعدادی استثنایی در زمینه‌ی زیاضیات نشان داد. او به‌طور موفقیت‌آمیزی برای معرفی حساب لایب‌نیتس به بریتانیا فعالیت کرد. (ریاضیدانان انگلیسی از روی میهن‌پرستی اصرار داشتند از حساب اولیه نیوتون که پست‌تر بود استفاده کنند و بدین ترتیب خود را از یک قرن پیشرفت‌های اروپا بسیار محروم کردند.)

باباژ سپس توجه خود را متوجه مشکل دیگری کرد که دانشمندان بریتانیایی را به زحمت انداخته بود ـ یعنی اشتباه‌های مکرری که در چاپ جدول‌های ریاضی و ستاره‌شناسی به‌وفور دیده می‌شد. مثلاً چاپ اول جدول‌های دریایی برای تعیین طول و عرض جغرافیایی در دریا حاوی بیش از هزار اشتباه بود.

باباژ اعتقاد داشت که برای مساله‌ی جدول‌های اشتباه فقط یک پاسخ وجود دارد. لازم بود تا یک ماشین محاسبه بزرگ، چندمنظوره و بدون خطا ساخته شود. باباژ پس از موفقیت در دریافت کمک از دولت بر آن شد تا «ماشین تفاضل شماره ۱» مشهور خود را بسازد. این کار بسیار عظیم و بلندپروازانه‌ای بود. ماشین باباژ نه تنها قرار بود بتواند تا بیست رقم را محاسبه کند، بلکه قرار بود یک رشته اعداد را هم حفظ کند و آن‌ها را جمع بزند. محاسبات ماشین به جمع‌زدن محدود می‌شد، زیرا از شیوه‌ی مجموع تفاضل‌ها استفاده می‌کرد. در این روش از چند جمله‌ای‌ها (فرمول‌های جبری که حاوی چندین عبارت هستند) و این واقعیت که دارای یک اختلاف ثابت هستند استفاده می‌شود.

به عبارت ساده‌تر:

اگر:

$f(x) = ۲x + ۱$

$x = ۱ \quad ۲ \quad ۳ \quad ۴ \ldots$

$f(x) = ۳ \quad ۵ \quad ۷ \quad ۹ \ldots$

تفاضل $= ۲ \quad ۲ \quad ۲ \quad \ldots$

واضح است که استفاده از این روش در مورد محاسبات پیچیده‌تر آن‌قدرها آسان نیست. اما در این‌جا یک تفاضل ثابت ممکن است در تفاضل بین تفاضل‌ها پیدا شود (یا تفاوت بین تفاوت بین تفاوت‌ها). در بیشتر موارد اگر چند جمله‌ای عبارت x را داشته باشد، پیش از پیدا کردن اختلاف ثابت باید n بار تفاوت محاسبه شود. برای محاسبه یک چند جمله‌ای برای یک سری از مقادیر x، چنان‌که برای تشکیل یک جدول لازم است، برای یک ماشین بسیار آسان‌تر است تا تفاضل ثابت را جمع کند و با افزودن تفاضلی دیگر به عقب بازگردد ـ تا این که وارد یک رشته عملیات ضرب کردن پیچیده شود و عملیات لگاریتمی و مثلثاتی را، که به این ترتیب نیستند، می‌توان با تقریب نزدیکی به چند جمله‌ای‌های ساده‌تری کاهش داد.

«ماشین تفاضل شماره ۱» (مانند ماشین‌های حساب پیش از آن) از چرخ‌های دندانه‌دار استفاده می‌کرد و براساس سیستم دهدهی کار می‌کرد ـ ولی ساختمان آن از لحاظ پیچیدگی بسیار پیشرفته‌تر از بقیه‌ی ماشین‌ها بود و یک رشته ابداعات در زمینه‌ی مهندسی مکانیک لازم داشت.

اما باباژ که در گذشته استاد تهیه‌ی چیزها با امکانات کم بود، آماده این وظیفه بود. هم‌چنان که ماشین او بزرگتر می‌شد، او فکرهای بهتری برای خصوصیات ابداعی ماشین پیدا می‌کرد و هم‌چنان که پیش می‌رفت آن‌ها را در ماشین اعمال می‌کرد. «ماشین تفاضل شماره ۱» در سال ۱۸۲۳ شروع شد، ولی هیچگاه تکمیل نشد. پس از ده سال کار باباژ طرح اولیه خود را به ماشینی با ۲۵۰۰۰ قطعه افزایش داد (که فقط ۱۲ هزار قطعه‌ی آن ساخته شده بود) و هزینه‌ی

به ۱۷۴۷۰ پوند افزایش یافته بود (در آن روزگار با این پول می‌شد یک یا چند کشتی جنگی ساخت). باباژ مقدار زیادی از این مبلغ را از جیب خودش پرداخته بود، ولی دولت تصمیم گرفت تا این برنامه را متوقف کند. بهتر بود که در نیروی دریایی سرمایه‌گذاری کرد تا ماشینی که با ارقامی قرض ملی را افزایش می‌دهد که فقط خودش می‌تواند آن را محاسبه کند. با همه‌ی این مشکلات، در سال ۱۸۲۷ باباژ فقط از بخش قابل استفاده‌ای از این ماشین (که فقط از ۲۰۰۰ قطعه درست شده بود» استفاده کرده بود که جدول‌های لگاریتمی از ۱ تا ۱۰۸۰۰۰ را محاسبه می‌کرد. این بخش قابل استفاده از «ماشین تفاضل شماره ۱» را عموماً اولین ماشین حساب محسوب می‌کنند. اعداد به ماشین داده می‌شدند و پاسخ‌ها به شکل چاپ شده بیرون می‌آمدند (و بدین ترتیب احتمال خطای انسانی را از میان می‌بردند).

اما تا آن‌جایی که به باباژ مربوط می‌شد این تازه آغاز کار بود. در سال‌های ۱۸۳۰ او طرح «ماشین تفاضل شماره ۲» را در سر داشت. این مفهوم پیشرفت قابل ملاحظه‌ای در تکنیک محاسبه بود. این اولین ماشین آنالیتیک می‌بود. ماشینی که کارکرد آن توسط یک برنامه‌ی خارج از آن کنترل می‌شد. باباژ از کارت‌های سوراخدار ژاگارد برای کنترل مکانیسم یک ماشین آگاه بود و تصمیم گرفت از این شیوه در ماشین‌های خودش استفاده کند. این روش او را قادر می‌ساخت تا هرگونه کارهای محاسباتی را براساس دستورهایی انجام دهد که توسط کارت‌های سوراخدار در ماشین گذاشته می‌شد. این ماشین همانند «ماشین تفاضل شماره ۱» حافظه‌ای داشت که می‌توانست اعداد را در آن ضبط کند، اما این ماشین جدید می‌توانست با این اعداد ضبط شده یک ردیف عملیات مختلف انجام دهد. باباژ خصوصیات اساسی کامپیوترهای مدرن را ابداع کرده بود.

هسته‌ی اصلی، که همه این خصوصیات به آن متصل می‌شد، قطعه‌ی مقاومت بود. این هسته شامل هزار میله‌ی محوری و بیش از ۵۰ هزار چرخ‌دنده بود و می‌توانست با استفاده از دستگاه دهدهی اعداد پنجاه رقم را محاسبه کند.

متاسفانه دولت انگلستان از تسلیم در برابر چنین امکانات عظیمی خودداری کرد و با دومین کوشش جهت ورشکسته کردن خزانه‌ی دولت مخالفت کرد. اکنون دیگر فشار سالیان دراز سخت‌کوشی بدون نتیجه به شخصیت باباژ آسیب وارد آورده بود. جوان دوست داشتنی کمبریج به پیرمرد تندخو و لجوجی تبدیل شده بود که خیابان‌های لندن را زیر پا می‌گذاشت. او که از سر و صدای نوازندگانی خیابانی به ستوه آمده بود، چنین می‌نویسد «غالباً یک بچه کثیف ژنده‌پوش و نیز گاهی یک مرد نیمه مست با آن‌ها می‌رقصد که گاهگاهی با صدای ناموزون خود این صداها را همراهی می‌کنند ... طبقه دیگری که حامی پروپا قرص این نوازندگان خیابانی‌اند خانم‌هایی هستند با عفت کشدار و تمایلات هرجایی که با گشودن پنجره‌هایشان بهانه‌ی خوبی برای عرضه‌ی خود به‌دست می‌آورند.» باباژ کوشش کرد تا تمام نوازندگان خیابانی را به بهانه‌ی این که نمی‌گذارند در آرامش کار کند، از نواختن منع کند. نوازندگان خیابانی نیز با تجمع در زیر پنجره خانه‌ی او آن را تلافی کردند. باباژ می‌نویسد «یک بار دسته‌ای نوازنده، به جز چند وقفه کوتاه به مدت پنج ساعت نواختند.»

باباژ اکنون بیشتر ثروت شخصی‌اش را برای ساخت ماشین تفاضل خرج کرده بود. برای چندین سال آدا، لدی لاولیس، دختر بایرون شاعر و یکی از بهترین ریاضیدانان عصر خویش در این کار به او کمک می‌کرد. هنگامی که وزارت دفاع امریکا زبان برنامه‌نویسی خود را از روی نام او آدا نامید، نقش او در تاریخ کامپیوتر به بهترین وجهی آشکار شد. خانم لاولیس نیز با کوششی خوش‌بینانه به باباژ کمک کرد تا دارایی‌های خود را دوباره به‌دست آورد. این دو نفر وقت و انرژی زیادی را برای ساختن یک دستگاه بدون خطا برای شرط‌بندی بر روی مسابقات اسبدوانی صرف کردند. متاسفانه در آزمایش‌های عملی بر روی این دستگاه معلوم شد که هزینه‌ی آن به اندازه‌ی یک

ماشین تفاضل است.

با وجود همه‌ی این موانع، باباژ این قدر وقت داشت تا سپر ضدگاو را برای قطارها اختراع کند و کشف کند که چگونه می‌توان از حلقه‌های تنه‌ی درختان سابقه آب و هوای گذشته را پیدا کرد. پس از درگذشت باباژ در سال ۱۸۷۱ طرح او برای «ماشین تفاضل شماره ۲» برای چندین سال فراموش شد. بعدها هسته‌ی اولین موتورآنالیتیکی بر طبق نقشه‌ی اصلاح شده «ماشین تفاضل شماره ۲» ساخته شده. این دستگاه باشکوه سه تنی را اکنون با تمام عظمت آن می‌توان در موزه‌ی علوم لندن تماشا کرد و کار هم می‌کند. (هنگام آزمایش آن ۲۵ مضرب عدد π را تا ۲۹ رقم اعشاری به آن دادند تا حساب کند – کاری که ۵۰۰۰۰ چرخ‌دنده آن با کمال آسانی انجام دادند.)

باباژ خصوصیات اساسی کامپیوترهای مدرن را تعیین کرده بود، ولی ماشین او یک ضعف مهم داشت. ماشین او براساس ریاضیات اعشاری کار می‌کرد. این مشکل توسط کارهای یکی از معاصرانش به نام جورج بول حل شد. جورج بول که فرزند یک کفاش اهل لینکلن بود، در سال ۱۸۱۳ متولد شد. اگرچه او کاملاً خودآموخته بود، چنان استعداد فکری از خود نشان داد که در کودکی به استادی ریاضیات در کالج کوییننز منصوب شد ـ و در این شهر با مری اورست، برادرزاده‌ی مردی که کوه اورست را به نامش خواندند ازدواج کرد.

در سال ۱۸۵۴ بول «پژوهش درباره‌ی قوانین اندیشه» را منتشر ساخت که اکنون به نام جبر بولی خوانده می‌شود. در این پژوهش بول می‌گفت که منطق شکلی از ریاضیات است تا فلسفه. منطق همانند هندسه، بر پایه‌ی قضایای ساده‌ای بنا شده است و همان‌طور که حساب کارکردهای ساده‌ای نظیر جمع، ضرب و تقسیم را دارد، منطق را نیز می‌توان به عملکردهای ساده‌ای نظیر «و»، «یا» و «نه» تقلیل داد. این عملگرها را می‌توان در یک دستگاه دودویی به‌کار انداخت. (در حالی که دستگاه دهدهی از ده رقم تشکیل شده است،دستگاه دودویی به همان ترتیب عمل می‌کند اما فقط با دو رقم). «درست» و «نادرست» منطق به صفر و یک در دستگاه دودویی تبدیل شده است. جبر دودویی هر قضیه منطقی را، به هر تعداد موضوعی هم که داشته باشد، به یک رشته علایم دوتایی تقلیل می‌دهد. این موضوع را می‌توان روی نوار کاغذی نشان داد که جبر دوتایی به یک تعداد سوراخ (و بدون سوراخ) تبدیل می‌شود. به این ترتیب تمامی «بحث» منطقی یا برنامه را به آسانی می‌توان به یک ماشین داد.

در دستگاه دودویی ماشین‌ها می‌توانستند دستورهای منطقی را بفهمند و ریاضیات آن‌ها با روشن / خاموش کردن سوییچ الکتریکی کاملاً تطابق داده شد. در نتیجه دستگاه دودویی (یا بیت) سرانجام واحد اساسی در دستگاه‌های کامپیوتری شد.

اما تا این موقع پیشرفت‌های جداگانه باباژ و بول شناخته نشده بود. تا آن‌جایی که جهانیان می‌دانستند پیشرفت مهم بعدی توسط هرمان هولریت یک آماردان امریکایی حاصل شد. هولریت یک «ماشین سرشماری» اختراع کرد که می توانست کارت‌هایی را که تا ۲۸۸ سوراخ داشتند بخواند و می‌توانست اطلاعات را در خود ذخیره کند. ماشین الکترومکانیکی او می‌توانست تا هشتاد کارت را در یک دقیقه بخواند. هنگامی که این ماشین برای سرشماری سال ۱۸۹۰ در امریکا به‌کار گرفته شد، توانست تمام اطلاعات را در ظرف شش هفته پردازش کند. (پردازش سرشماری قبلی در سال ۱۸۸۰ سه سال طول کشیده بود.) در سال ۱۸۹۶ هولریت وارد کارهای تجارتی شد و شرکت ماشین‌های تنظیم‌کننده را به راه انداخت که بعد به شرکت ماشین‌های تجارتی بین‌المللی (IBM) تبدیل شد.

عناصر لازم برای کامپیوترهای مدرن (از جمله کاربردهای تجارتی) آن‌ها اکنون کشف شده بود. آن‌چه که باقی مانده بود این بود که کسی بیابد که بداند از این ماشین‌ها چه کارهایی برمی‌آید. ـ یعنی امکانات و محدودیت‌های تئوریکی آن‌ها. این کار توسط آلن تورینگ انجام گرفت.