آیزاک نیوتن

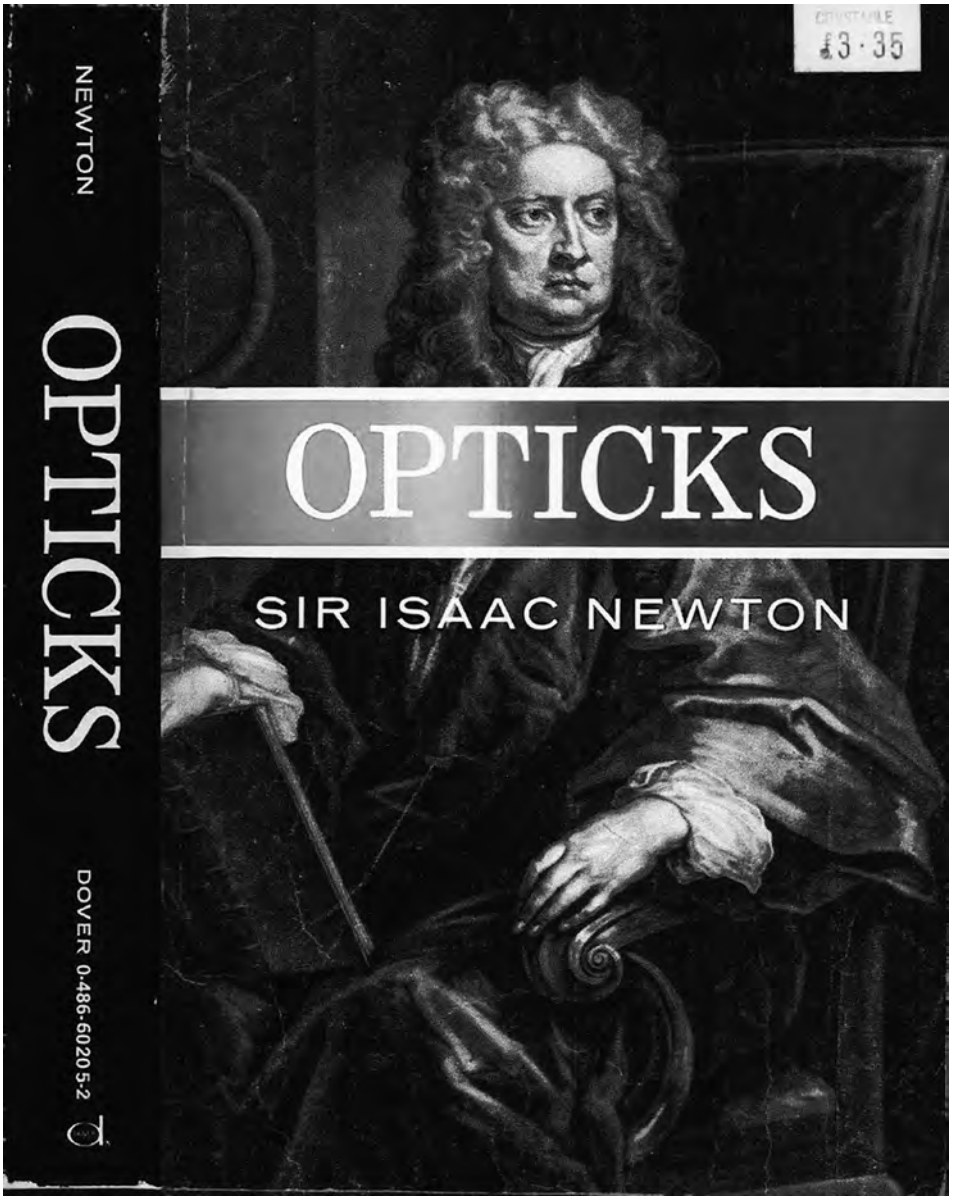
نورشناسی

رساله‌ای دربارهٔ بازتاب‌ها، شکست‌ها، خمیدگی‌ها و رنگ‌های نور

ترجمهٔ بهنام شیخ‌باقری

نشرنی

این اثر تقدیم می‌شود به مادرم و روان پاک پدرم که هرچه دارم از آن‌هاست.
و همسر و فرزندانم که صبوری پیشه کردند و مشوق من در این کار بودند.
این اثر ترجمه‌ای از کتاب زیر است:



OPTICKS

OR

A Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections & Colours of Light

SIR ISAAC NEWTON

BASED ON THE FOURTH EDITION LONDON, 1730

With a Foreword by
ALBERT EINSTEIN
An Introduction by
SIR EDMUND WHITTAKER
A Preface by
I. BERNARD COHEN
And an Analytical Table of Contents prepared by
DUANE H. D. ROLLER

DOVER PUBLICATIONS, INC.
NEW YORK

Copyright © 1952 by Dover Publications, Inc.
All rights reserved under Pan American and International Copyright Conventions.

Published in Canada by General Publishing Company, Ltd., 30 Lesmill Road, Don Mills, Toronto, Ontario.

Published in the United Kingdom by Constable and Company, Ltd., 10 Orange Street, London WC 2.

This Dover edition, first published in 1952, is an unabridged and unaltered republication of the work originally published by G. Bell and Sons, Ltd., in 1931. New to this edition are a Preface by I. Bernard Cohen and an Analytical Table of Contents prepared by Duane H. D. Roller.

This work is reprinted by special arrangement with G. Bell and Sons, Ltd.

Standard Book Number: 486-60205-2
Library of Congress Catalog Card Number: 52-12165

Manufactured in the United States of America
Dover Publications, Inc.
180 Varick Street
New York, N. Y. 10014

فهرست مطالب

یادداشت مترجم ۱۱

دیباچه (آی. برنارد کوهن) ۱۳

پیش‌گفتار (آلبرت آینشتاین) ۴۳

مقدمه (سر ادموند ویتاکر) ۴۵

فهرست تحلیلی محتویات کتاب (دوئین. اچ. دی. رولر) ۵۷

نورشناسی ۷۹

پیش‌گفتارهای سر آیزاک نیوتن ۸۱

کتاب اول نورشناسی ۸۵

قسمت اول: تعاریف ۱ تا ۸، اصول موضوع ۱ تا ۸، گزاره‌های ۱ تا ۸ ..... ۸۵

قسمت دوم: گزاره‌های ۱ تا ۱۱ ..... ۱۵۷

کتاب دوم نورشناسی ۲۰۷

قسمت اول: ملاحظاتی دربارهٔ بازتاب‌ها، شکست‌ها، و رنگ‌های اجسام نازک شفاف، مشاهدات ۱ تا ۲۴ ..... ۲۰۷

قسمت‌دوم: ملاحظاتی دربارهٔ مشاهدات یادشده ۲۲۹

قسمت سوم: دربارهٔ رنگ‌های دائمی اجسام طبیعی، شباهت بین آن‌ها و رنگ‌های صفحات نازک شفاف ۲۴۵

قسمت چهارم: مشاهداتی دربارهٔ بازتاب‌ها و رنگ‌های صفحات صیقلیِ شفافِ ضخیم ۲۷۵

کتاب سوم نورشناسی ۲۹۳

قسمت اول: مشاهداتی دربارهٔ خم شدن پرتوهای نور و رنگ‌های حاصل از آن..... ۲۹۳
پرسش‌ها: پرسش‌های ۱ تا ۳۱..... ۳۰۶
واژه‌نامه..... ۳۵۳
نمایه..... ۳۶۹
تصاویر..... ۳۷۳

یادداشت مترجم

کتاب **نورشناسی** نیوتن در کنار کتاب **اصول ریاضی فلسفهٔ طبیعی** او، از گنجینه‌های معارف بشری به حساب می‌آیند. زیرا به باور صاحب‌نظران، نویسندهٔ آن‌ها دارای جایگاه بی‌همتایی در دانش بشری است. او، از یک‌سو، فیزیک‌دانی منحصربه‌فرد است که در وجود خود شخصیت یک آزمایشگر دقیق و خلاق را با شخصیت یک نظریه‌پرداز نواندیش و مبتکر، به هم آمیخته است و، از سوی دیگر، ریاضی‌دانی تراز اول است که با کشف «حساب دیفرانسیل و انتگرال»، این مهم‌ترین ابزار بشری در کاوش‌های علوم طبیعی، افتخاری جاویدان را نصیب خود کرده است.

پیش از این، در کتاب **اصول ریاضی فلسفهٔ طبیعی** با شخصیت مستدل و کاملاً منطقی نیوتن، که همچون اقلیدس قضایای فیزیک را یک‌به‌یک از تعاریف و اصول‌موضوعه استنتاج می‌کرد، آشنا شدیم. اکنون با مطالعهٔ کتاب **نورشناسی** با جنبه‌ای کاملاً متفاوت از شخصیت نیوتن آشنا می‌شویم؛ شخصیتی به‌غایت خلاق و خیال‌پرداز، که به‌جای محدود کردن خود به چارچوب‌های تعاریف و اصول، از مرزهای مشاهدات فراتر می‌رود و تلاش می‌کند تا با بصیرت نافذ خود پرده از رمز و راز هستی بردارد. او در این اثر، خود را تنها به نور، طیف آن، بازتاب‌ها و شکست‌هایش و ... محدود نمی‌کند، بلکه در شرایطی که شواهد و نتایج آزمایش‌های موردنیاز خود را در اختیار ندارد، پا را فراتر می‌گذارد و از رابطهٔ نور و گرانش می‌گوید، از رابطهٔ اتر و نور، از واکنش‌های شیمیایی، از سازوکار بینایی، از رابطهٔ احساس و اراده در انسان و حیوانات، از اتم‌های لئوکیپوس و دموکریتوس، از رابطهٔ اخلاق و فلسفهٔ طبیعی و بالاخره از حکمت خداوندی در آفرینش جهان طبیعی. در این کتاب با نیوتنی مواجه می‌شویم که خود را به موضوع کتاب و آزمایش‌های موجود محدود نمی‌کند و از هرچه که کنجکاوی‌اش را تحریک می‌کند سخن به میان می‌آورد و با این کار فرصتی استثنایی را برای دیگران

فراهم می‌کند تا با سازوکار اندیشهٔ یکی از نوابغ بشری آشنا شوند. او کتاب را با ۳۱ پرسشی به پایان می‌برد که کنجکاوی‌های نیوتن را آشکار، و خطوط پژوهش‌های آتی فیزیک را ترسیم می‌کنند.

اگرچه نظریهٔ «ذره‌ای نور» نیوتن یک‌صد سال پس از طرح، با آزمایش‌های یانگ، فرنل و دیگران به‌تدریج کنار گذاشته شد، لیکن با توسعهٔ فیزیک در قرن بیستم با آزمایش‌ها و نظریه‌های پلانک و آینشتاین در قالب نوینی به نام «فوتون‌های نور» به شکلی دیگر دوباره زنده شد؛ دربارهٔ چگونگی این تحول در دیباچه و مقدمهٔ این کتاب به‌تفصیل سخن گفته شده، که برای مشتاقان تاریخ علم می‌تواند بسیار جالب باشد.

دربارهٔ این کتاب گفتنی بسیار است، اما هیچ سخنی نمی‌تواند جایگزین مطالعهٔ خود کتاب باشد، و لذا لازم است که هر دانشجوی علوم، به‌جای مطالعهٔ کتاب‌هایی دربارهٔ این شاهکار علمی، مستقیماً به مطالعهٔ خود آن بپردازد و پیش از هرکس در کلاس درس نیوتن بنشیند. چراکه برای یادگیری و دستیابی به فهمی عمیق از علوم، بهتر است وقت خود را فقط به مطالعهٔ آثار نوابغ، و نه شاگردان آن‌ها، بگذرانیم. اگرچه شاید برای رفع برخی اشکالات مراجعه به شاگردان نیز گاهی لازم باشد.

برای ترجمهٔ این کتاب کوشش زیادی صرف شده و امیدوارم که این کوشش به نتیجهٔ مطلوب رسیده باشد. هدف این بوده است که ترجمه در عین دقت و حفظ امانت در انتقال مفهوم، کاملاً روان و ساده باشد؛ با این حال، نمی‌توان مدعی بود که هیچ خطایی در آن وجود ندارد و لذا از خوانندگان نکته‌سنج تقاضا می‌کنم که بر خطاهای ترجمه چشم‌پوشی نکنند و با ارسال آن‌ها به ایمیل sheikhbagheri@gmail.com، مترجم را در بهبود مستمر این کتاب یاری فرمایند.

در خاتمه لازم می‌دانم از آقای جعفر همائی مدیریت محترم نشر نی که انتشار این کتاب مهم در تاریخ علم با حمایت ایشان انجام شده، آقای امید محمدحیدر که ویراستاری آن را انجام داده‌اند، سرکار خانم افسانه روش که مدیریت تولید آن را به عهده داشته‌اند، سرکار خانم لیلا گل‌دوست که زحمت صفحه‌بندی به عهدهٔ ایشان بوده است و زنده‌یاد سرکار خانم معصومه موسوی دبیر تحریریه و همهٔ بزرگواران دیگر در نشر نی که در آماده‌سازی، چاپ و تکثیر این کتاب نقشی ایفا کرده‌اند صمیمانه تشکر و قدردانی کنم.

بهنام شیخ‌باقری ــ دی‌ماه ۹۹

دیباچه

به آفریده‌های علمی یا هنری برجسته نمی‌توان نگاهی عاری از احساسات داشت. **نورشناسی**[1] نیز همچون دیگر شاهکارهای علمی کتاب مشکلی برای داوری بی‌طرفانه است. نخست به‌خاطر جایگاه یگانهٔ نویسنده‌اش، آیزاک نیوتن، در تاریخ علم و دوم به‌خاطر تفکری که حاوی آن است. در حالی که کتاب **اصول**[2] مرتباً تجدید چاپ می‌شد، یکی از خواندنی‌ترین کتاب‌ها در بین کتاب‌های بزرگ تاریخ علم فیزیک، یعنی **نورشناسی**، به‌مدت صدوپنجاه سال و تا تقریباً دو دههٔ پیش تجدیدچاپ نشد. یکی از دلایل این کوتاهی، این بود که **نورشناسی** با نظریات فیزیکی قرن نوزدهم سازگار نبود. اگرچه محتوای این کتاب تعدادی از اصول اساسی نظریهٔ صحیح نور (یعنی نظریهٔ موجی نور[3]) را نیز در بر داشت، ولی شرح و تفسیر نظریهٔ نادرستی دربارهٔ نور (یعنی نظریهٔ ذره‌ای نور[4]) بود. نیوتن نه‌تنها در انتخاب نظریهٔ ذره‌ای به خطا رفت، بلکه همچنین با مشکل غلبه‌ناپذیری در پذیرش هم‌زمان دو نظریهٔ مخالف مواجه نشد. این فقط به این دلیل نبود که نیوتن نتوانست در بین آن‌ها تصمیم بگیرد، چراکه در این صورت به‌سادگی بخشیده می‌شد؛ بلکه او با پذیرش دو نظریه باهم، از یکی از معیارهای اصلی فیزیک قرن نوزدهم تخطی کرد. قانونی که می‌گوید: هرگاه دو نظریهٔ ناسازگار وجود داشته باشد، همواره باید یک «آزمایش سرنوشت‌ساز»[5] به‌طور منحصربه‌فرد به نفع یکی یا دیگری تصمیم بگیرد.

1. *Opticks*
2. *Mathematical Principles of Natural Philosophy*
3. wave theory of light
4. particle theory of light
5. crucial experiment

هردوره به بعضی از شاهکارهای علمی و هنری علاقهٔ ویژه‌ای نشان می‌دهد. دورهٔ ما تحسین ویژهٔ چشم و گوش را نثار نقاشی‌های لوکاس کراناخ پدر و هیرونیموس بوش، و شعر جان دان و ویلیام بلیک می‌کند. چون مطالعهٔ آثار علمی بزرگ گذشته در پرتوِ دانش زمان ماست، برداشت‌ها و ارزیابی‌های ما در مقایسه با انسان‌های قرن گذشته به‌اندازهٔ سلایق ما در شعر و هنر متفاوت است. ما کتاب **اصول ریاضی فلسفهٔ طبیعی** را به‌اندازهٔ «عصر ویکتوریا»[1] گرامی می‌داریم، اما محدودیت‌های آن را می‌دانیم و به‌ناچار آن را با آگاهی از «نظریهٔ نسبیت»[2] می‌خوانیم. امروزه دیدگاه ما تحت تأثیر فوتون‌ها و امواج ماده، یا اصل بسیار کلی‌تر مکملیت[3] نیلز بور است، و لذا اندیشه‌های نیوتن دربارهٔ «برهم‌کنش نور و ماده»[4] یا توضیحات او دربارهٔ جنبه‌های ذره‌ای یا موج‌سان نور را با گرایش جدیدی می‌خوانیم. بنابراین، شگفت‌آور نیست که پس از دهه‌ها شاهد تجدیدحیات کتاب **نورشناسی** نیوتن بوده باشیم، بالاخره در سال ۱۹۳۱ به‌وسیلهٔ آقایان جی. بِل و پسران در لندن، با پیش‌گفتار آلبرت آینشتاین و مقدمهٔ ای. تی (اکنون، سر ادموند) ویتاکر تجدیدچاپ شد و چاپ جدیدی از آن را، با سپاس از اهتمام آقای هِیوارد سیرکر، انتشارات داوِر[5] دوباره در دسترس قرار داده است. سر ادموند در مقدمه، تأثیر فرازونشیب نظریهٔ ذره‌ای نور را، که نیوتن از آن جانب‌داری می‌کرد، بر شهرت کتاب **نورشناسی** شرح می‌دهد و از احساس عمومی دربارهٔ نظریهٔ موجی، که در انتهای قرن نوزدهم به‌عنوان تنها توصیف فرایندهای نوری شناخته می‌شد می‌گوید. به این ترتیب، کتاب **نورشناسی** با وجود تقریر درخشانش، بیشتر موردعلاقهٔ مورخان بود تا دانشمندان، و مثال غم‌انگیزی بود از این‌که چگونه یک انسان برجسته می‌تواند در اشتباه باشد.

خوشبختانه، شهرت نیوتن در میان دانشمندان سبب می‌شد تا برخی از نویسندگان مبحث نورشناسی و، به‌ویژه، نویسندگان بریتانیایی، به خوانندگان خود بگویند، با این‌که نظریهٔ ذره‌ای نیوتن به‌وضوح نادرست است، ولی آفریدهٔ استادانه‌ای بوده است که می‌توانست در زمان نیوتن تمام حقایق شناخته‌شده دربارهٔ نور را کاملاً توضیح دهد. به عبارت دیگر، این نظریه کاملاً به قلمروِ اندیشه‌های کهنه و منسوخ سپرده نشد، بلکه با مدافعه و توجیه مباحث قرن هفدهم فیزیک، به خواننده ارائه

1. the Victorians
2. theory of relativity
3. principle of complementarity
4. interaction of light and matter
5. Dover

گشت. خود کتاب، آشکار می‌سازد که نظریهٔ نیوتن برای پدیده‌هایی که قصد توصیفشان را داشته قابل‌قبول و از بسیاری جهات از نظریهٔ رقیبش هویگِنس، بهتر بوده است. در چنین نوشته‌هایی توصیف مشفقانهٔ رویکرد نیوتن به نورشناسی با استفاده از اصطلاحات زمان خودش مشهود است، چراکه وقتی نظریه‌های گذشتگان نادرست از آب درمی‌آمد، معمولاً، در قرن نوزدهم نویسندگان رساله‌های علمی آن‌قدر نسبت به پیشینیان خود بلندنظر نبودند. نگرش آن‌ها وقتی بیشتر جالب‌توجه است که می‌بینیم آن‌ها از افزودن این نکته که نظریهٔ نادرست نیوتن یک مانع جدی در برابر پژوهش برای نظریهٔ جدید بوده، خودداری نمی‌کردند.

از این‌رو، در تجدیدچاپ کتاب **نورشناسی** در قرن نوزدهم، دیونیسیوس لاردنر دربارهٔ نظریهٔ ذره‌ای نور چنین نوشت: «... احتمالاً به‌خاطر بزرگ‌داشت اعتبار نیوتن است که فیلسوفان انگلیسی تا زمان حاضر به‌طور کلی این نظریه را ترجیح داده‌اند.»[۱] همچنین در همین اواخر، در سال ۱۹۰۹، سر آرتور شوستر در یک رسالهٔ عمومی دربارهٔ نورشناسی، لازم دید تا برای ناکامی بزرگ‌ترین دانشمند بریتانیا عذرخواهی کند و نوشت: «بی‌تردید اعتبار عظیم نیوتن نظریهٔ موجی را به‌مدت بیش از یک قرن از پیشرفت بازداشت.» ولی بیش از آن، این موضوع با گفتن این حقیقت که دانش نورشناسی بنیاد علمی خود در پژوهش‌های تجربی را مدیون اوست، جبران شده بود.[۲]

تجدیدحیات نظریهٔ موجی در برابر نظریهٔ ذره‌ای نور که از سوی نیوتن جانب‌داری می‌شد، عمدتاً، نتیجهٔ کوشش دکتر تامس یانگ بود. او در سه مقاله‌ای که در سال‌های ۱۸۰۲ تا ۱۸۰۴ در مجلهٔ **تبادلات فلسفی** انجمن سلطنتی منتشر شد[۳] یک اصل جدید بنیادی دیگر به نام

۱. رجوع شود به کتاب:
Handbook of Natural Philosophy: Optics, Sixth thousand, London, James Walton, 1869, p. 164.
که الیور هاردینگ آن را تصحیح کرده است.

۲. آرتور شوستر:
An Introduction to the Theory of Optics, second edition, revised, London, Edward Arnold, 1909, p. 86.

۳. این سه مقالهٔ تاریخی و دیگر آثار یانگ دربارهٔ این موضوع را، با تصحیح جورج پکاک، می‌توان در کتاب زیر یافت:
Miscellaneous Works of the Late Thomas Young, London John Murray, 1855.
«On the Theory of Light and Colours» عنوان خطابه سزاوار ستایشی بود که در دوازدهم نوامبر ۱۸۰۱ در انجمن سلطنتی ایراد شد و در «phil. Trans. for 1802, pp. 12ff» به چاپ رسید و در «Misc. Works, vol. 1, pp. 140 ff» تجدیدچاپ شد. ←

تداخل[1] را اضافه کرد و نظریهٔ موجی را بر پایه‌ای قرار داد که از آن زمان تاکنون انکارناپذیر مانده است.[2] با وجود این‌که یانگ در مقالات خود بر این نکته تأکید داشت که نظریهٔ او از آزمایش‌ها و مفروضات نیوتن استخراج شده و در مقدمهٔ خود تعدادی نقل‌قول از نیوتن آورد که نشان دهد بیشتر اصلاح‌کنندهٔ آموزه‌های آن است تا نابودکننده‌اش، به‌طور ناجوانمردانه‌ای مورد حمله قرار گرفت. لرد هنری بُروم، که به احتمال قوی نویسندهٔ مقالات بی‌نام برعلیه یانگ در نشریهٔ **ادینبورگ ریویو**[3] بود، یکی از مهم‌ترین دشمنان او شد. به‌ویژه آن‌چه بروم را به خشم می‌آورد القای جایزالخطا بودن نیوتن بود. او یانگ را متهم می‌کرد که تلویحاً اشاره کرده به این‌که سر آیزاک نیوتن فقط یک فیلسوف اسف‌انگیز بوده است.[4]

در فرانسه آگوستن ژان فرنل و فرانسوا ژان دومینیک آراگو به کارهای یانگ علاقه‌مند نشدند و احتمالاً تأثیر نام بزرگ نیوتن هرگونه پیگیری اندیشه‌های یانگ و توسعهٔ بیشتر نظریهٔ موجی را دست‌کم در انگلستان متوقف کرده بود. این وضعیت بی‌شباهت به وضع ریاضیات در طی قرن هجدهم نبود،

خطابهٔ «An Account of some cases of the production of colours not hit her to described» در اول جولای ۱۸۰۲، در انجمن سلطنتی ایراد شد و در «phil. Trans. for 1802, pp. 387ff» به چاپ رسید و در «Misc. Works, vol. 1, pp. 170 ff» تجدیدچاپ شد.

و «Experiments and Calculations relative to physical Optics» خطابه سزاوار ستایشی بود که در بیست‌وچهارم نوامبر ۱۸۰۳ در انجمن سلطنتی ایراد شد و در «phil. Trans. for 1804, pp. 1 ff» به چاپ رسید و در «Misc. Works, vol. 1, pp. 179 ff» تجدیدچاپ شد.

1. principle of interference

۲. واضح است که منظور من از «انکارناپذیر» در این‌جا این نیست که نظریهٔ موجی به‌عنوان یک توصیف انحصاری از پدیده‌های نوری به‌صورت غیرقابل‌بحث باقی مانده است؛ بلکه منظور من این است که کاربرد اصل تداخل در پدیدهٔ پَراش (یا همان پراکندگی نور / diffraction) به‌عنوان مهم‌ترین بنیاد باور ما به امواج باقی مانده است. خواه این امواج مادی، امواج احتمالی، امواج الکترومغناطیسی یا امواج از مد افتادهٔ اتر باشند. بنابراین، وقتی لویی دو بروی وجود امواج مادی با طول موج $\lambda = \frac{h}{mv}$ را پیش‌بینی کرد، شواهد وجود آن در مورد الکترون، توسط الگوی پراش پرتوی از الکترون‌های حرارتی در بلور فلزی فراهم شده بود. درست به همین ترتیب که کاربرد اصل تداخل، درست به همین روش، در آزمایش سوراخ یانگ با امواج نوری، و در آزمایش برروی بلورها با پرتوِ ایکس توسط لائو انجام شد.

3. *Edinburgh Review*

۴. حمله به سه یادداشت یانگ در: *Edinburgh Review*, nos. II, IX به چاپ رسید. نگارش این حمله توسط پیکاک (Peacock) مورد بحث قرار گرفته است که به انتهای چاپ مجدد پاسخ یانگ در: *Misc. Works*, vol. 1, pp. 192ff اضافه شده است.

وقتی که طرفداری کور از الگوریتم نیوتن و رد کامل روش‌های لایب‌نیتسی یا اروپاییْ ظرافت طبع را از ریاضی‌دانان بریتانیایی گرفت و دورهٔ تقریباً نازایی کامل در پیشرفت «حساب دیفرانسیل و انتگرال» را رقم زد.[۱]

برای درک ما از سابقهٔ حسن شهرت «نورشناسی» به‌ویژه جا دارد که به مقایسهٔ آثار علمی یا هنری بپردازیم. وقتی با پیکاسو، دالی، کراناچ و بوش آشنا می‌شویم آن‌ها به‌اندازهٔ ناظران عصر ویکتوریا به نظر عجیب نمی‌رسند. همین‌طور وقتی با پلانک، آینشتاین، بور، دو بروی، شرودینگر و هایزنبرگ آشنا می‌شویم، اشارات نیوتن دربارهٔ برهم‌کنش ذرات نور با ذرات ماده و نشان دادن این‌که نظریهٔ ذره‌ای دربردارندهٔ رفتار موجی نیز هست برای ما همچون فیزیک‌دانان عصر ویکتوریا مجموعه‌ای از آرای گیج‌کننده، ظاهراً عاری از معنی فیزیکی و، بنابراین، بیرون از دایرهٔ ادراک نیست. یکی از رساله‌های بزرگ کلاسیک دربارهٔ نور را تامس پرستون، استاد فلسفهٔ طبیعی دانشگاه دوبلین، در اواخر قرن نوزدهم نوشت. این رساله در سال ۱۸۹۰ به چاپ رسید و هنوز هم به‌عنوان یک کتاب درسی اصلی (چاپ پنجم این رساله در سال ۱۹۲۸ منتشر شد) دربارهٔ این موضوع، در سال ۱۹۳۰ مورد استفاده است. این کتاب، **نظریهٔ نور**،[۲] به‌خاطر سبک بیان بسیار عالی و روشنیِ توصیفاتش، بررسی‌های تاریخی ارزشمندش، و نقل‌قول‌های بلندش از کتاب **نورشناسی** نیوتن اثری چشمگیر است. درواقع، بسیاری از دانشجویان رشتهٔ فیزیک از جمله نویسندهٔ این دیباچه، **نورشناسی** نیوتن را برای نخستین بار از راه خواندن قسمت‌های منتخبی که در کتاب **نظریهٔ نور** پرستون به چاپ رسیده بود، یاد گرفتند. یک دسته از نقل‌قول‌ها به‌قصد معرفی نظریهٔ نیوتن از زبان خودش آورده شده تا نشان دهد که چه‌قدر بیش از آن‌که عموماً می‌پندارند به نظریهٔ موجی پذیرفته‌شده، در حال حاضر، شباهت دارد. پرستون از خوانندگانش می‌خواهد که این نکته را درک کنند که دیدگاه نیوتن اگر نه دقیقاً، ولی خیلی شبیه به دیدگاه اواخر قرن نوزدهم میلادی بوده است. پرستون با چارچوب‌بندی مناسب اصول‌موضوعهٔ بنیادین او نوشت: «یک شارح باهوشِ نظریهٔ صدور (یا ذره‌ای) ... می‌تواند به‌خوبی به

۱. در این زمینه مراجعه کنید به کتاب فلورین کاجوری (Florian Cajori):
A History of the Conceptions of Limits and Fluxions in Great Britain from Newton to Woodhouse, Chicago, Open Court Pub.Co., 1919.
2. *Theory of Light*

تمام ایرادات برعلیه آن پاسخ دهد. با این حال، وقتی این "اصول‌موضوعهٔ لازم" را او معرفی کرد، چون ویژگی‌های تناوبی یک حرکت موجی به این ذرات اعطا شد ... حذف خود ذرات امکان‌پذیر بود.»[۱] بنابراین، رویکرد پرستون این بود که به قیمت حذف سرشت ذره‌ای نور، نظریه را حفظ کند. این کتاب خیلی پیش از طلوع مکانیک کوانتوم نوشته شد و پرستون نمی‌توانست ویژگی‌ای را در نظریهٔ نور بیابد که هم‌زمان نمودهای ذره‌ای و موجی را شامل شود و لذا اولی را کنار گذاشت تا دومی را حفظ کند.

با این حال، اگر چنین به نظر می‌رسد که **نورشناسی** نیوتن حاوی اندیشه‌هایی شبیه به پیش‌بینی‌های مفاهیم فعلی ماست، باید خیلی مراقب باشیم که در این راه افراط نکنیم. زیرا اگر امروزه نیوتن را صرفاً به‌خاطر اظهارات او دربارهٔ خواص دوگانهٔ نور ــ ذره‌ای و موجی ــ و برهم‌کنش نور و ماده که از برخی جهات به آرای قرن بیستم شباهت دارد تحسین کنیم، به نوعی رویّهٔ کم‌ارزش کسانی را برگزیده‌ایم که نیوتن را در ۷۵ سال پیش به‌خاطر این‌که نظریهٔ نوری او کاملاً با مقتضیات فیزیک اواخر قرن نوزدهم مطابقت نداشت بی‌اعتبار کردند. بصیرت عظیم ــ و به‌واقع، به‌طور باورنکردنی نافذِ ــ نیوتن هرقدر هم بوده باشد به او امکان نمی‌داد تا نظریهٔ کوانتوم را پیش‌بینی کند؛ نه او را قادر می‌ساخت تا از دانش طیف‌سنجی ۲۰۰ سال آینده، که برپایهٔ پژوهش‌های او برروی طیف رنگارنگ نور خورشید بنا شد، آگاه باشد و نه به او امکان می‌داد تا مسئلهٔ تشعشع جسم سیاه و شکست قضیهٔ تقسیم متساوی انرژی را، که تا بیش از ۱۵۰ سال پس از مرگ او کشف نشدند، حدس بزند. نیوتن حتی نمی‌توانست درک اندکی از اثر فوتوالکتریک داشته باشد، زیرا در زمان او الکتریسته هنوز در جایگاه یک شاخهٔ جداگانه از علم نبود. حتی هنوز جدایش مواد به هادی‌ها و عایق‌ها انجام نشده بود و کسی از دو نوع بار الکتریکی (شیشه‌ای و صمغی) خبر نداشت و بنجامین فرانکلین که اولین نظریهٔ واحد دربارهٔ «کنش الکتریکی»[۲] را در میانسالی ارائه کرد تا دو سال پس از انتشار کتاب **نورشناسی** به دنیا نیامده بود.

ممکن است که ما به‌خاطر آشنایی با نظریهٔ فوتون‌ها و مکانیک کوانتوم جذابیتی را در **نورشناسی**

۱. مراجعه کنید به کتاب تامس پرستون به نام:
Theory of Light, fifth edition, edited by Alfred W. Porter, London Macmillan, 1928, p. 21.
که تاریخ مقدمهٔ چاپ اول آن جولای ۱۸۹۰ است.

2. theory of electrical action

بیابیم، اما همچنین باید به یاد داشته باشیم که فیزیک قرن بیستم حاصل حقایق تجربی اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم است که در واکنش به نارسایی نظریه‌های متداول، که نمی‌توانستند دلایل موجهی برای حقایق مسلمِ مشاهده‌شده ارائه کنند، به وجود آمد. فیزیک قرن بیستم نه از بازگشت آگاهانه به فیزیک قرن هجدهم و **نورشناسی** نیوتن، بلکه مستقیماً از درون فیزیک قرن نوزدهم بیرون آمد. اما فیزیک قرن بیستم قطعاً از فیزیک قرن هجدهم ناشی شده، چراکه فیزیک اخیر موجد فیزیک قرن نوزدهم بوده، همان‌طور که فیزیک قرن نوزدهم به‌نوبهٔ‌خود فیزیک قرن بیستم را ایجاد کرده است. با اصطلاحات فیزیک دوران ما، اهمیت کتاب **نورشناسی** در پیش‌بینی‌های احتمالی نظریهٔ فوتون‌ها نیست، بلکه در تأثیری است که بر فیزیک‌دانان معاصرش و نسل بعدی، که انتشار این کتاب را دنبال می‌کردند، گذاشته است. بنابراین، در ارزیابی کتاب **نورشناسی** و تعیین جایگاه آن در گسترش علم بایستی یکی از دو رویکرد:

۱. تاریخی یا ۲. باستان‌شناسی را انتخاب کنیم. در رویکرد تاریخ‌نگاران دستاوردهای نیوتن از نظر نوآوری در زمان خودش و تأثیرش بر دانشمندان در سدهٔ پس از انتشار آثارش ارزیابی می‌شود. و در رویکرد باستان‌شناسان قسمت‌های پراکنده‌ای از متن **نورشناسی** جدا می‌شود تا پیشگامی‌اش در این یا آن مفهوم فیزیک قرن بیستم نشان داده شود.

علاقهٔ خود من به نورشناسی به هنگام تحقیقات گسترده‌ای که برروی توسعهٔ نظریه‌های الکتریکی در قرن هجدهم انجام می‌دادم بیدار شد. این تحقیقات بخشی از مطالعات گسترده‌تر دربارهٔ رشد فیزیک در قرن هجدهم و چگونگی شکل‌گیری مفاهیم اساسی فیزیک قرن نوزدهم همچون: «بار الکتریکی»، «میدان»، «پتانسیل»، «نیرو»، «کنش از فاصله»، «اتم»، «انرژی» و ... بود.[۱] به‌زودی دریافتم که در نوشته‌های مربوط به الکتریسیته در قرن هجدهم، از تعداد بسیاری از ارجاعاتی که

۱. این پژوهش با کمک سخاوتمندانهٔ انجمن فلسفی آمریکا مورد حمایت مالی قرار گرفته است. یک گزارش مقدماتی از این پژوهش در:

The American philosophical society year book 1949, Philadelphia, 1950, pp. 240-243.

به چاپ رسیده است. این امیدواری وجود دارد که تاریخچهٔ مفصل نتایج این پژوهش مشتمل بر ماهیت نظریهٔ فیزیکی در قرن هجدهم و اثر آن بر قرن نوزدهم با تأکید بر نقش **نورشناسی** نیوتن و نظریهٔ واحد کنش الکتریکی فرانکلین (Franklin)، در اواخر سال ۱۹۵۲ توسط انجمن فلسفی آمریکا به چاپ برسد.

به نیوتن شده تنها تعداد اندکی به کتاب **اصول** و بخش اعظم آن به کتاب **نورشناسی** بوده است. این موضوع نه‌تنها در مورد نوشته‌های مربوط به الکتریسیته، بلکه دربارهٔ زمینه‌های دیگری از پژوهش‌های تجربی نیز درست بود.

به‌عنوان مثالی از تأثیر نورشناسی، می‌توانیم نگاهی بیندازیم به کتاب *Vegetable Staticks* اثر استفان هِیلز[1]، که در میان رساله‌های تجربی بالاترین جایگاه را دارد، کتابی است که برای نویسنده‌اش لقب «پدر فیزیولوژی گیاهی» را به ارمغان آورده است. این کتاب یک نمونهٔ عالی از کاربرد روش‌های کمّی را در زیست‌شناسی ارائه می‌کند و به اندازه‌گیری دقیق مواردی همچون: رشد برگ، فشار ریشه، موضوعات مربوط به هم‌خانوادگی، مطالعات کمّی در مورد هوا و گازها می‌پردازد و، به همین ترتیب، در کتاب *Haemostaticks*، اندازه‌گیری فشار خون در حیوانات را آغاز می‌کند. او در کتاب *Vegetable Staticks* در صفحهٔ پشت عنوان، اجازهٔ چاپ نیوتن را به‌عنوان رئیس انجمن سلطنتی آورده است: «در ۱۶ فوریهٔ سال‌های ۱۷۲۶ و ۱۷۲۷ با اجازهٔ آیزاک نیوتن پروانهٔ کتاب در انجمن ثبت شد.» و برای نخستین بار در دیباچهٔ کتاب به نیوتن اشاره شده که در آن هِیلز با ارجاع به کتاب **نورشناسی** (پرسش‌های ۳۰ و ۳۱) می‌نویسد:

> بنابه مشاهدات نخستین نویسندهٔ این اکتشاف مهم، سر آیزاک نیوتن، با تعدادی از تجارب مربوط به تعادل‌های شیمیایی[2] آشکار شده که در داخل تمام اجسام طبیعی که جاذبهٔ متقابل دارند، نسبت بزرگی از ذرات پخش شده‌اند که می‌توانند در اثر حرارت یا تخمیر از اجسام چگال به بیرون پرتاب شده و به حالت شدیداً کشسان و دارای نیروی دافعه تبدیل شوند ... .

به‌علاوه، او در بحث دربارهٔ جاذبه، بدون آن‌که به نام نیوتن اشاره کند می‌نویسد: این اصل جهانی همچنان در قسمت‌های مختلف طبیعت کارگر است،[3] و براساس شمارش انجام‌شده، در کتاب

1. Stephen Hales (1677-1761)
2. Statical-chymico

۳. مراجعه کنید به:

Vegetable Staticks, vol. 1 of *Statical Essays*, ed. 2, London, W. Innys et al., 1731.

یک مطالعهٔ مهم هِنری گرلاک (Henry Guerlac) دربارهٔ هِیلز (Hales) که به‌وضوح دِین هِیلز را به پرسش‌های نیوتن نشان می‌دهد عبارت است از:

"he continental reputation of Stephen hales" Archives *Internationals d'Histoire des Sciences*, 1951, no. 15, pp. 393-404.

۱۷ بار از نیوتن نامبرده شده است. از بین این‌ها ۱۵ بار به نقل‌قول از **نورشناسی** یا ارجاع به آن بوده و هیچ‌یک از دو مورد باقیمانده نیز به کتاب **اصول** مربوط نمی‌شده است. یکی از این دو مورد به روش نیوتن دربارهٔ مدرج کردن دماسنج‌ها (مندرج در نشریهٔ **تبادلات فلسفی** انجمن سلطنتی[۱]) و دیگری به اقتباسی از نظریهٔ نیوتن دربارهٔ چگونگی انحلال فلزات در اثر نیروی جاذبهٔ ذرات اسید (برگرفته از مقدمهٔ جلد دوم فرهنگ واژگان فنی جان هریس)[۲] اختصاص داشت.

برای درک گیرایی غیرعادی کتاب **نورشناسی** در قرن هجدهم، بایستی آن را از نظر محتوای علمی، فلسفی، نظری، سبک ادبی و نحوهٔ رویکرد نویسنده به موضوع با کتاب **اصول**[۳] مقایسه کنیم. با چنین مقایسه‌ای تفاوت مهمی در بین این دو کتاب فوراً آشکار می‌شود. **نورشناسی** خوانندهٔ غیرمتخصص را به خواندن جلب و توجه او را حفظ می‌کند، در حالی که اگر برای افراد غیرمتخصص خواندن کتاب **اصول** امکان‌پذیر باشد، برایشان سخت و ناخوشایند است. البته خوانندهٔ معمولی **نورشناسی** قسمت آخر کتاب، با عنوان پرسش‌ها، را بیشتر از بقیهٔ آن خواهد پسندید در حالی که توجه خوانندهٔ عادی کتاب **اصول** به حاشیهٔ کلی انتهای کتاب سوم جلب خواهد شد. اما در حالی که چنین خواننده‌ای تقریباً از ۷۰ صفحه از کتاب **نورشناسی** لذت می‌برد، سهم خوانندهٔ **اصول** تنها ۴ صفحه است. در کتاب **اصول** سازوکار گرانش جهانی برای خواننده طرح و بحث می‌شود و سمت‌وسوی اندیشهٔ نیوتن دربارهٔ این موضوع مهم را به نمایش می‌گذارد. در صورتی که کتاب **نورشناسی** به خواننده امکان می‌دهد تا با هدایت نیوتن بزرگ در میان مسائل حل‌نشدهٔ دانش و حتی ارتباط کل جهان طبیعی با آفریننده‌اش سِیر کند.

گذشته از خوانندهٔ عادی، دانشمندی که در زمینهٔ ریاضیات به‌خوبی آموزش ندیده باشد نیز، پیشرفت اندکی در **اصول** خواهد داشت. این شاهکار نه‌تنها به‌سبک ریاضی مشکلی نوشته شده، بلکه آکنده از تعاریف، قضایا، لم‌ها، حاشیه‌ها و اثبات‌هاست که به‌معنی دقیق کلمه، به زبان ریاضیات

۱. در این زمینه هِیلز (Hales) به مقالهٔ کوتاه موته (Motte's) در: *phil. Trans.*, vol. 2, p. 1 ارجاع می‌دهد.

۲. مطالب مرتبط با این موضوع را می‌توان در پرسش ۳۱ همین کتاب، **نورشناسی**، پیدا کرد.

۳. کتاب **اصول ریاضی فلسفهٔ طبیعی** نیوتن به‌صورت زیر قابل‌دسترسی است:
Florian Cajori, sversion of Andrew Motte's English trans. Of 1729, Berkeley, Univ. of Calif. Press, 1934.

کهن نوشته شده است. نیوتن اکتشاف خود در حسابان را در نوشتن این کتاب به کار نبرد و به‌جای آن ترجیح داد تا از سبک هندسی آپولونیوس و اقلیدس استفاده کند؛ نیوتن به همراه برخی دیگر، آثار این دو را به عالِم الهیات ویلیام بنتلی، که قصد داشت به روشی قابل‌فهم عموم کتاب نیوتن را به‌عنوان گواهی بر حکمت آفریدگار هستی معرفی کند، توصیه کرده بود. بنتلی این موضوع را برای اولین بار به ریاضی‌دان اسکاتلندی جان کرِیگی[۱] نوشته بود و چنان‌که پیداست تعدادی از نویسندگان ریاضیات به توصیهٔ کرِیگی به او هشدار دادند که برای این کار لازم است تا کتاب **اصول** را بفهمد. پس از این بود که بنتلی از خود نیوتن راهنمایی خواست. فهرست نیوتن به‌اندازهٔ کافی دشوار بود و با وجود این او توصیه کرد که برای درک کتاب فهم گزاره‌ها و برخی اثبات‌هایی که از بقیه ساده‌ترند کافی است؛[۲] یک غیرریاضی‌دان باید واقعاً مشتاق می‌بود تا آمادگی مقدماتی‌ای را که نیوتن برای مطالعهٔ **اصول** لازم می‌شمرد بیابد.

جان لاک، فیلسوف مشهور، آگاه‌تر از بنتلی بود و خودش پذیرفت که ریاضیات او هرگز برای مطالعهٔ این اثر بزرگ کفایت نخواهد کرد. او به بررسی استدلال‌هایی که در پشت گزاره‌ها و نتایج قرار داشت راضی بود. استدلال‌هایی که گزاره‌ها و نتایج از آن‌ها استخراج می‌شدند. برای اطمینان از درستی همه‌چیز او از فیزیک‌دان هلندی، کریستیان هویگنس، دربارهٔ مستدل بودن ریاضیات مورداستفاده در این کتاب استفسار نمود و پس از اطمینان از درستی آن، بدون این‌که دربارهٔ اثبات‌ها و جزئیات متن کتاب به خود نگرانی راه دهد، اصول فیزیکی و روش تشریح مطالب کتاب را پذیرفت. ما دربارهٔ روش لاک گزارشی به قلم یکی از طرفداران و دوستان نیوتن به نام ژان تی. دزاگولیه در اختیار داریم که ما را از داستانی که بارها خود سر آیزاک نیوتن به او گفته بود آگاه می‌سازد:

> با مراجعه به فلسفهٔ نیوتنی می‌بینیم که اگرچه درستی آن از سوی ریاضیات پشتیبانی می‌شود، اما می‌توان بدون مراجعه به ریاضیات از اکتشافات فیزیکی آن آگاه شد. عالی‌جناب آقای لاک نخستین

۱. نامهٔ کرِیگی به بنتلی به تاریخ ۲۴ ژوئن سال ۱۶۹۱ بود که می‌توان آن را در کتابی به قلم سر دیوید بروستر (sir david Brewster) که با عنوان زیر نوشته شده یافت:

Memoirs of the Life, Writings, and Discoveries of Sir Isaac Newton, Thomas Constable, 1855, Edinburgh, vol. 1, p. 465.

۲. همان مرجع پاورقی ۱۳ صفحهٔ ۴۶۴.

کسی بود که بدون توسل به هندسه یک فیلسوف نیوتنی شد. زیرا وقتی از آقای هویگنس دربارهٔ درستی تمام گزاره‌های ریاضی کتاب **اصول** پرسید، پاسخ شنید که به تحقق آن‌ها بستگی دارد. او آن گزاره‌ها را پذیرفت و به بررسی دقیق استدلال‌ها و نتایج حاصل از آن‌ها پرداخت، بر تمام فیزیک تسلط یافت و به عظمت اکتشافات مندرج در کتاب کاملاً متقاعد شد.[۱]

خود نیوتن روش لاک را تأیید کرده بود، آن‌جا که در خطوط آغازین کتاب سوم **اصول** نوشت: «در دو کتاب پیشین اصول فلسفه را، که نه فلسفی بلکه ریاضی‌اند، پایه‌گذاری کردم و برای این‌که مبادا این اصول، که دربارهٔ قوانین و شرایط حرکات معلوم و توانایی نیروها هستند، بی‌نتیجه و بی‌حاصل به نظر برسند من آن‌ها را در جاهای متفاوت با برخی حاشیه‌های فلسفی شرح داده‌ام.»

دزاگولیه مطالعهٔ کتاب **اصول** به روش لاک را با روشی که او کتاب **نورشناسی** را با لذت خوانده و خود را با همهٔ مندرجات آن که صرفاً ریاضی نیست آشنا نموده، مقایسه می‌کند.[۲] تنها قسمت ریاضی کتاب **نورشناسی** مشتمل بر دو مقاله دربارهٔ انواع و اندازهٔ اشکال منحنی‌الخط بود که نیوتن آن‌ها را به‌علت این‌که هیچ ارتباطی با مفاد **نورشناسی** نداشتند پس از چاپ اول کتاب حذف کرد.

گذشته از پیچیدگی ریاضی کتاب **اصول** وجه تمایز دیگر آن با **نورشناسی** این است که **نورشناسی** به زبان انگلیسی و **اصول** به زبان لاتین نوشته شدند. البته این موضوع در قرن هفدهم تفاوتی را که امروز ایجاد می‌کند ایجاد نمی‌کرد، و مسئلهٔ دیگری به‌جز این باقی نمی‌ماند که زبان خشک لاتینی کتاب **اصول** مشخصهٔ ساختار اساساً ریاضی آن بوده است، همان‌طور که انگلیسی ظریف و خوشایند کتاب **نورشناسی** مشخصهٔ سبک ذاتی آن؛[۳] زیرا نیوتن در **نورشناسی** به شعار خود در کتاب **اصول** که: «من فرضیه نمی‌سازم»[۴] پایبند نیست، بلکه به سخن و خیال خود کاملاً میدان می‌دهد تا از مرزهای شواهد تجربی فراتر روند.

۱. مراجعه کنید به:

Preface to Jean-Théophile Desaguliers, *Course of Experimental Philosophy*, ed. 3, vol. London, A. Miller, 1763, p. viii.

۲. همان مرجع مورداشاره در پاورقی قبل.

۳. چاپ لاتین کتاب **نورشناسی** بنابه درخواست نیوتن توسط ساموئل کلارک (Samuel Clarke) تهیه و در سال ۱۷۰۶، دو سال پس از نسخهٔ انگلیسی آن، منتشر شد.

4. Hypotheses non fingo

البته باید به یاد سپرد که نیوتن عبارت «من فرضیه نمی‌سازم» را در مورد سرشت جاذبهٔ گرانشی گفته و هرگز این عبارت یک اصل راهنما در کتاب **اصول** نبوده است. به همان اندازه، روشن است که هنوز تعدادی از خوانندگان کتاب **اصول** تمایل دارند که این عبارت را مشخصهٔ کتاب **اصول** بدانند. بنابراین، راجر کوتس که با راهنمایی نیوتن بر آماده‌سازی چاپ دوم کتاب **اصول** نظارت داشته و مقدمهٔ آن را نوشته از نیوتن درخواست می‌کند که: «در صفحهٔ آخر کتابتان که هنوز چاپ نشده» تجدیدنظر کنید. دلیل این کار او این است که احساس می‌کرد نمی‌تواند از عهدهٔ پاسخ به کسانی که مدعی‌اند: «شما فرضیه ساخته‌اید»[1] برآید. زیرا فکر می‌کنم که شما به‌طور ملموس فرض کرده‌اید نیروی جاذبه در جسم مرکزی استقرار یافته است.[2] در نامه‌ای که در سال ۱۶۷۲ از طرف نیوتن به دبیر انجمن سلطنتی، هنری اولدنبورگ، نوشته شد در پاسخ به ایرادی که بر چاپ اول کتاب **نورشناسی** وارد شده بود نیوتن وظیفهٔ فرضیه را به‌طور مشروح مورد بحث قرار می‌دهد:

> زیرا به نظرمی رسد که بهترین و ایمن‌ترین روش برای فلسفه‌پردازی این است که ابتدا به بررسی خواص اشیا بپردازیم و آن‌ها را با آزمایش محقق کنیم و سپس به جست‌وجوی فرضیه‌ای برای توصیف آن‌ها برآییم. زیرا فرضیه‌ها بایستی فقط برای توصیف خواص اشیا مناسب باشند و به غیر از مواردی که به کمک آزمایش‌ها می‌آیند به پیش‌داوری دربارهٔ این خواص نپردازند. اگر شخصی دربارهٔ حقیقت چیزی صرفاً از روی احتمال فرضیه‌ها گمانه‌زنی کند، آن‌گاه من نمی‌فهمم که چگونه می‌توان در یک علم به نتیجه‌ای قطعی حکم داد. زیرا پس از مواجه شدن با مشکلات، همواره می‌توان فرضیه‌هایی را که به‌وفور و یکی پس از دیگری به ذهن می‌رسند ابداع کرد. بنابراین، من به این نتیجه رسیدم که باید از فرضیه‌های ناشی از یک استدلال مغالطه‌آمیز خودداری کرد و باید نیروی مخالفت آن‌ها را از میان برداشت تا بتوان به یک توضیح پخته‌تر و کلی‌تر رسید.[3]

1. Hypothesim fingere

2. J. Edleston, ed., *Correspondence of Sir Isaac Newton and Professor Cotes*..., London, John W.Parker, 1850, p. 153.

۳. نسخهٔ اصلی این نامه، به زبان لاتین، را می‌توان در کتاب زیر یافت:

Newton's *Opera*, ed. By Samuel Horsley, vol. 4, London, John Nichols, 1782, pp. 314ff.

ترجمهٔ انگلیسی این نامه به‌نقل از یادداشت‌های کاجوری (Cajori) در کتاب **اصول**: *Principia*, ed. cit., p. 673 ارائه شده است.

هورسلی تمام نامه را به چاپ رساند، در حالی که وقتی درابتدا در مجلهٔ **تبادلات فلسفی** منتشر شد این بخش از نامه از آن حذف شده بود.