

עבודה שנייה במקורות המדעים | מיכאל גרינבאום

כולם יודעים שניוטון היה גאון, והמציא חוקים רבים שתיארו את הפיזיקה הקלאסית כמו שאנחנו מכירים אותה כיום, אך רק מעטים מאיתנו יודעים כיצד ניוטון הגה חוקים אלו. בעבודה זאת אתאר 2 סיפורים שבהם ניוטון הגה חוקים.

הסיפור הראשון הוא הדרך שניוטון גילה את חוקי הגרביטציה:

1. תחילה ניוטון חישב את התאוצה של גוף נופל על פני כדור הארץ $a_{\oplus} = 9.8 \frac{m}{s^2}$.

(שימוש באינדוקציה ואמפיריזם)

2. לאחר מכן, ניוטון השתמש בנוסחא ידועה בזמנו שמצאו מדענים אחרים, שהיא

$$a_{\odot} = \frac{v^2}{r}$$

כדי לחשב את התאוצה הצנטריפטלית של הירח ממרכז כדור הארץ.

$$v = \frac{d}{t} = \frac{\text{circumference}}{\text{period}} = \frac{2\pi r}{P} = 1020 \frac{m}{s}$$

בשביל לחשב זאת, ניוטון חישב את

והיה ידוע עד כדי קירוב טוב כי $r = 384,000,000m$. לאחר הצבה, ניוטון קיבל כי

$$a_{\odot} = 0.00271 \frac{m}{s^2} \text{ (דדוקציה וקוהרנטיות)}$$

3. ניוטון הסתכל על היחס בין התאוצות $\frac{a_{\oplus}}{a_{\odot}} = 3600$ והבין כי זה יכול לתאר את

היחס הפוך בין רדיוס כדור הארץ לרדיוס הירח בריבוע. ולכן שיער כי מתקיים

$$\frac{a_{\oplus}}{a_{\odot}} = 60^2 = \left(\frac{r_{\odot}}{r_{\oplus}}\right)^2$$

4. מניסוח הבעיה כמו בסעיף הקודם, ניוטון ניחש כי יש יחס הפוך בין התאוצה

$$a \propto \frac{1}{r^2}$$

למרחק בריבוע והגיע למסקנה כי

5. בהתחשב בעובדה ש- $F = ma$, ניוטון הציב וקיבל כי $F \propto \frac{m}{r^2}$ (דדוקציה)

6. בהתחשב בעובדה שהכוח אמור להיות תלוי במשקל 2 האובייקטים ולא רק אחד

$$F \propto \frac{Mm}{r^2} \text{ (דדוקציה)}$$

מהם, ניוטון הגיע להבנה כי

7. לבסוף, ניוטון הכניס קבוע לא ידוע k כדי לקבל שוויון של הכוח למה ששיער

$$F = k \cdot \frac{Mm}{r^2}$$

ולאחר ניוטון נמדד הקבוע והוחלף באות G . (דדוקציה)

הסיפור השני הוא הדרך שניוטון גילה את המסה של צדק:

1. ניוטון השתמש בתיאורית הגרביטציה שלו כי $F = ma$ ומהידע ש- $a = \frac{v^2}{r}$

$$F = ma = \frac{mv^2}{r} = k \cdot \frac{Mm}{r^2}$$

כשהתנועה היא מעגלית וקיבל כי מתקיים

2. ניוטון החליט להציב $v = \frac{2\pi r}{P}$ וקיבל כי מתקיים $k \cdot \frac{Mm}{r^2} = \frac{m\left(\frac{2\pi r}{P}\right)^2}{r} = \frac{4\pi^2 mr^2}{rP^2}$ ומפה

על ידי העברת אגפים נקבל כי $P^2 = \frac{4\pi^2}{k \cdot M} \cdot r^3$, כלומר $P^2 = (\text{constant})r^3$ שזה

בדיוק החוק השלישי של קפלר! (דדוקציה)

3. ניוטון המשיך בפיתוח וקיבל נוסחא יותר מדויקת לחוק השלישי של קפלר כי

$$\text{מתקיים } (M + m)P^2 = \frac{4\pi^2}{k} \cdot (R + r)^3$$

שמאפשר למדוד מסות שונות על ידי ידע

של המרחק, המחזור והקבוע k . (דדוקציה)

4. לחישוב מסת צדק, ניתן היה להזניח את מסת הירח של צדק ורדיוס הירח ולקבל כי

$$MP^2 = \frac{4\pi^2 R^3}{k}$$

על ידי תצפיות, נמדד כי המחזור האורביטלי של צדק הוא

$$P = 618,100s = 7.154 \text{ days}$$

והרדיוס של צדק הוא $R = 1,070,000,000m$

על ידי הצבה בנוסחא עם הקבוע $k = G$ ניתן להסיק כי מסת צדק היא

$$M = 1.89 \cdot 10^{27} kg$$

לאחר מכן, החישוב של המסה הוכח בנכון ומראה שילוב

יפה של תיאוריה ופרקטיקה בפיזיקה. (דדוקציה וקוהרנטיות)