

शैक्षणिक संदर्भ अंक १२६ ऑक्टोबर-नोव्हेंबर २०२०

पुस्तक परिचय

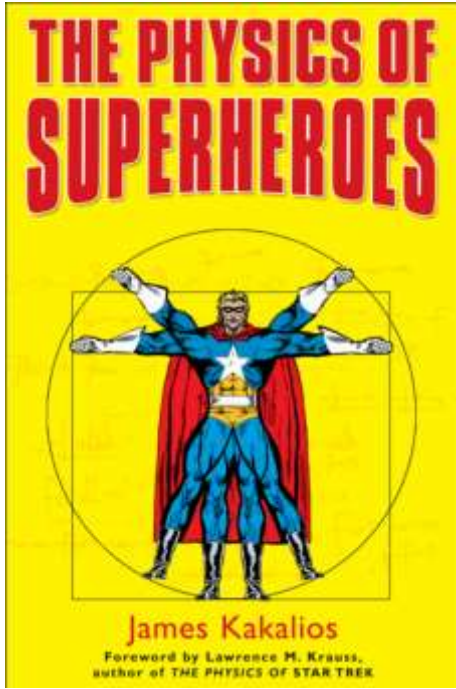
सुपरहिरोंचे भौतिकशास्त्र

लेखक: जेम्स काकालिओस संक्षिप्त अनुवाद: नीलिमा सहस्रबुद्धे

पुस्तक परिचय

सुपरहिरोंचे भौतिकशास्त्र

लेखक: जेम्स काकालिओस संक्षिप्त अनुवाद: नीलिमा सहस्रबुद्धे



शाळेमध्ये भौतिकशास्त्राचा अभ्यास करणाऱ्या मुलांचे त्याबद्दलचे विचार जाणून घेतले, तर “आपण किती वेळ यात वाया घालवतो आहोत... मला काय घेणं आहे त्या मसण्या उंचीवरून पडणाऱ्या दगड्या चेंडूबद्दल?” अशा धर्तीचे काही ऐकू येईलही. पण सुपरहिरो कॉमिक्समधल्या प्रसंगांचे संदर्भ घेऊन ‘द फिजिक्स ऑफ सुपरहिरोज’ या पुस्तकाच्या लेखकाने, जेम्स काकालिओस यांनी जेव्हा मुलांना काही संकल्पना शिकवल्या, तेव्हा मात्र त्यांचे भौतिकशास्त्राबद्दलचे मत पूर्णतः वेगळे झाले.

विज्ञानशिक्षकांनी हे पुस्तक जरूर वाचावे.

२००५ साली गॉथम बुक्स यांनी प्रकाशित केलेल्या या पुस्तकाच्या प्रास्ताविकामधला आणि पहिल्या प्रकरणातला हा काही भाग.

प्रास्ताविक

भौतिकशास्त्रात डॉक्टरेट मिळवल्यानंतर आज जेव्हा मी सुपरमॅन आणि इतर कॉमिक्स वाचतो, तेव्हा त्यातल्या काही प्रसंगात भौतिकशास्त्रातील काही संकल्पना अचूकपणे वापरलेल्या मला आढळतात. अर्थात, मुळामध्ये सुपरमॅनला असणारी सुपर ताकद ही मात्र भौतिकशास्त्राच्या नियमाबाहेरची असते. पण ती जर गृहीत म्हणून धरली, तर मात्र पुढचे अनेक प्रसंग काही वैज्ञानिक नियमांनुसार घडताना दिसतात.

बऱ्याचशा कॉमिक्समध्ये असे एकेकच चमत्काराचे गृहीत धरून भागले... हिरोचे पुढचे सारे शौर्य विज्ञानाच्या नियमांत बसणारे होते. आता ही सारी कहाणी जरी करमणूक म्हणून सांगितलेली असली, तरी त्यातूनच काही नियम सांगता – समजावता आले तर आणखी काय हवे!

उदाहरणार्थ, एका कॉमिकमध्ये त्यातला खलनायक हिरोची गुहा शोधून काढण्यासाठी सगळ्या शहराभोवती स्फोटके पेरून उडवण्याची योजना करतो. त्यामुळे बसणाऱ्या धक्क्याच्या लहरी तो भूकंप मापन यंत्रावर तपासून जमिनीखाली कुठे पोकळी आहे, ते शोधणार असतो. हे सगळे वर्णन आणि कल्पना बरोबरच आहे. जमिनीखालच्या तेल / वायू साठलेल्या जागा शोधण्यासाठी हेच तत्त्व वापरतात.

या पुस्तकात मी भौतिकीतल्या प्राथमिक संकल्पना आणि पुंज भौतिकीतल्या थोड्या संकल्पना कॉमिक्सचा आधार घेऊन मांडल्या आहेत. टीव्ही, फोन पासून ताऱ्यांच्या अंतरंगातल्या अणुक्रियांपर्यंत. साधारण १९५६ सालापासून १९७३ सालापर्यंतच्या कॉमिक्सचा यात अंतर्भाव आहे.

भौतिकशास्त्र या व्यक्तीबदल मात्र मला काही सांगायचे आहे. सिनेमात नेहमी दाखवतात, तसे या व्यक्तीला काही सदैव सूत्रे पाठ ठेवून, मनातल्या मनात अतिवेगाने गणिते करावी लागत नाहीत. भौतिकी म्हणजे प्रचंड पाठांतर नव्हे, खरंतर ते योग्य वेळी अचूक प्रश्न विचारण्याशी जोडलेले आहे.

एखादी घटना घडल्यावर त्या प्रक्रियेशी संबंधित नेमका प्रश्न विचारणे हे उत्तराकडे नेणारी दिशा दाखवत असते. चेंडू फेकल्यावर त्याचा मार्ग ठरवण्याचे उदाहरण घेऊ. किती उंच जातो, किती लांब जातो, किती वेळ प्रवास करतो असे सगळे प्रश्न विचारता येतील, उत्तरेही शोधता येतील. पण महत्त्वाचा प्रश्न आहे, तो : इथे चेंडूला वेगळे वर्तन करण्याचा काही पर्याय आहे का? तसा नसेल तर त्यावर काम करत असणारी सगळी बाह्य बले त्याचा मार्ग निश्चित करणार आहेत. म्हणजे ह्या बाह्य बलांचे स्वरूप आणि त्यांचे परिणाम निश्चित केले, की चेंडूचा मार्ग ठरवता येणार आहे. मग आधीच्या सर्व प्रश्नांची उत्तरे आपोआप मिळणार आहेत. पुन्हा त्याच वेगाने, त्याच दिशेने चेंडू फेकला तर त्याच मार्गाने, तसाच जाणार आहे.

भौतिकशास्त्राचे सौंदर्य हेच आहे. एखाद्या गोष्टीवर, वस्तूवर कोणकोणती बले काम करतात, त्यांचे कसकसे परिणाम होतात हे ठरवता आले, की त्यानंतर घडणाऱ्या घटनांचा अंदाज तुम्हाला वर्तवता येतो. तसा प्रयोग करून त्याचा अनुभवही घेता येतो. तो तपासून आपण मांडलेले अंदाज सुधारता येतात. जर प्रयोगाची निरीक्षणे वेगळी आली, तर मांडणी बदलून सुधारणा करता येते. आधीच्या सूत्रात काय बदल गरजेचे आहेत, ते शोधता येते. निसर्गनियम समजून घेताना कुठे कमी पडलो, ते ठरवता येते. आपण मांडलेला सिद्धांत प्रयोगाने सिद्ध होईपर्यंत पाठपुरावा करता येतो. वैज्ञानिक ज्ञान हे सतत घेतल्या गेलेल्या शंका,

सतत विचारल्या गेलेल्या प्रश्नांमुळेच वाढत जाते. हे प्रश्न आणि त्यानुसार केलेले प्रयोग यातून मिळणारी उत्तरेच आपल्याला विज्ञानापर्यंत नेतात. जसजसे आपण शिकत जाऊ, तसतसे 'अजूनही काय अस्पष्ट आहे' ते स्वच्छ समजते. अचूक आणि नेमके प्रश्न विचारले की आपल्याला भोवतीचे जग कसे समजत जाते, हे आपण या पुस्तकात पाहू.

सुपरमॅनची हनुमानउडी

पृथ्वीवरून माणसे चंद्रावर गेली, तर त्यांना तेथे लांब उडी – उंच उडी मारायला सोपे



जाते हे आपल्याला अंतराळवीरांच्या अनुभवावरून माहित आहे. कारण असे की माणसाचे शरीर पृथ्वीवरच्या गुरुत्वाकर्षणामध्ये वावरण्याइतकी ताकद बाळगून असते, मात्र चंद्रावर काही पट कमी गुरुत्वाकर्षण असल्याने तेथील उड्या तितक्या पटीने लांब वा उंच जातात.

तशाच प्रकारे सुपरमॅन हा कॉमिक्समधला हिरो एका परग्रहावरून आलेला असल्याने त्याची ताकद इथल्या माणसांपेक्षा अनेक पटींनी जास्त असल्याचे दाखवलेले आहे. तो एका उडीत २०० मीटर उंचीपर्यंत पोचू शकतो.

आता प्रश्न असा आहे, की एका दमात ही उडी मारायची तर त्याला सुरुवातीला किती वेग घ्यायला हवा?

ही उडी हनुमानाची असो की सुपरमॅनची की चेंडूफेक असो... न्यूटनने सतराव्या शतकात मांडलेल्या गतीच्या नियमांपासूनच सुरुवात करावी लागेल.

सुपरमॅन जेव्हा २०० मीटर उंच उडी घेतो, तेव्हा त्याला काही एका मोठ्याशा वेगाने सुरुवात करायला हवी. हा वेग काय असेल, ते आपल्याला शोधायचे आहे. २०० मीटर उंच गेल्यावर त्याचा वेग तिथे शून्य होणार. हा वेग बदलायचे कारण तर स्पष्टच आहे... गुरुत्वाकर्षण. गुरुत्वाकर्षणाचा जोर सुपरमॅनच्या उडीच्या विरुद्ध दिशेने काम करतो, त्यामुळे जमिनीपासून वर जाताना त्याचा प्रवेग म्हणजे गतिवर्धन नसून गति-ह्रास आहे. सुरुवातीचा

मोठा वेग कमी होत होत शून्यावर येतो, तो थांबतो, आणि मग गुरुत्वाकर्षणामुळे सुपरमॅन परत जमिनीकडे पडू लागतो, त्याचा वेग शून्यापासून वाढत वाढत जातो, आणि तो पुन्हा जमिनीवर पाय टेकतो, तेव्हा तो पुन्हा सुरुवातीच्या वेगावर आलेला असतो. या साऱ्या उडीच्या प्रवासात वेग बदलत असला



तरी, गुरुत्वाकर्षणाचा जोर मात्र सुरुवातीला, शेवटी आणि उडीदरम्यानसुद्धा तेवढाच असतो.

सुपरमॅनने गाठलेली सर्वाधिक उंची, $u =$ वर जातानाचा सरासरी वेग \times लागलेला वेळ.

सुरुवातीचा वेग जर v असेल, तर सर्वाधिक उंची गाठतेवेळी तो शून्य झालेला आहे. म्हणजे या टप्प्यातला सरासरी वेग आहे, $v/2$. हे अंतर काटण्यासाठी लागलेला कालावधी k आहे, असे समजू. म्हणजे

$$u = v/2 \times k$$

सूत्र १

आता लागलेला वेळ किती ते काही आपल्याला माहीत नाही. पण प्रवेग = वेगात झालेला बदल / वेळ हे माहीत आहे, गाठलेली उंची माहीत आहे, आणि ही उंची गाठल्यावरचा अंतिम वेग शून्य आहे, हेही माहीत आहे.

$$\begin{aligned}\text{प्रवेग} &= (\text{सुरुवातीचा वेग} - \text{अंतिम वेग}) / \text{वेळ} \\ &= \text{सुरुवातीचा वेग} / \text{वेळ} = \text{गुरुत्वाकर्षण (ग)}.\end{aligned}$$

म्हणजे,

$$g = v / k$$

सूत्र २

या सूत्राच्या आधारे आपण पहिल्या सूत्रातला क काढून टाकू शकतो.

$$u = v^2 / 2g$$

आता उ आहे २०० मी, आणि ग म्हणजे पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणाचा प्रवेग आहे ९.८ मी/वर्गसेकंद. यावरून $v = 62.6 \text{ मी/से} = 225.36 \text{ किमी/तास!!}$

ह्या वेगाने जर सुरुवात करायची असेल तर तुमच्या लक्षात येईल की तिथे सुपरमॅन का लागतो, आणि तुम्ही किंवा मी हे काम का करू शकत नाही!

सुपरमॅनची उडी किती उंच जाणार हे त्याच्या सुरुवातीच्या वेगाच्या वर्गावर अवलंबून असते. का बरं?

कारण अंतर हे वेगावर अवलंबून आहे आणि वेळही वेगावर अवलंबून आहे. जितक्या वेगाने तो सुरुवात करेल तितका जास्त वेळ त्याचा वेग शून्य व्हायला लागेल.

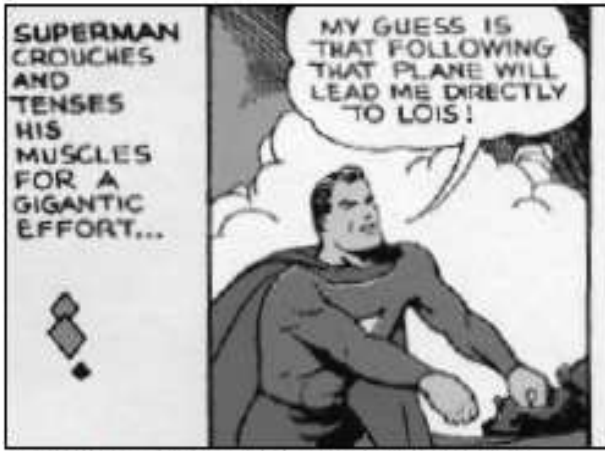
हा वेग सुपरमॅन आणतो कसा? जरा खाली वाकून तो जमिनीवर इतका जोर लावतो, की त्या जोराची प्रतिक्रिया म्हणून तेवढाच जोर उलट दिशेने जमिनीकडून लावला जातो (न्यूटनचा तिसरा नियम).

सुरुवातीचा वेग २२५ किमी/तास हवा असेल तर त्याला किती जोर लावावा लागेल? तो काढण्यासाठी आपल्याला न्यूटनच्या दुसऱ्या नियमाचा उपयोग करावा लागेल.

$$\text{बल} = \text{वस्तुमान} \times \text{प्रवेग}$$

सुपरमॅनचे वस्तुमान १०० किलो आहे असे मानू.

मुळात स्थिर अवस्थेपासून २२५ किमी/तास या वेगाने उडी मारण्यापावेतो (मुडपलेले



© 1940 National Periodical Publications Inc. (DC)

पाय स्नायूंची ताकद वापरून जमीन मागे ढकलत सरळ करेपर्यंत) त्याने किती प्रवेग घेतला आहे ते आधी काढावे लागेल. अर्थातच यासाठी त्याने किती वेळ घेतला आहे ते महत्त्वाचे आहे. समजा त्याने ही क्रिया क्षणार्धात केली आहे... इथे आपण

तो वेळ पाव सेकंद असा धरू.

$$\text{म्हणजे प्रवेग झाला } ६२.६ / ०.२५ = २५०.४ \text{ मी/वर्गसेकंद.}$$

$$\text{त्यामुळे बल} = १०० \text{ किलो} \times २५०.४ \text{ मी/वर्गसेकंद} = २५,०४० \text{ न्यूटन}$$

एवढा जोर सुपरमॅनच्या पायात असणे कधी शक्य होईल?

आपण आपल्या पायांवर जमिनीवर उभे रहातो, तेव्हा आपल्या पायातील स्नायू पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणाच्या विरोधात काम करत असतात, आणि गुरुत्वाकर्षणाला विरोध करून उभे रहाता येईल, इतकी ताकद त्यांच्यामध्ये आलेली असते. म्हणूनच माणूस जेव्हा कमी गुरुत्वाकर्षण असलेल्या चंद्रावर गेला, तेव्हा ही ताकद वापरून तो पृथ्वीच्या तुलनेने जास्त उंच उडी मारू शकला. सुपरमॅन पृथ्वीवर खूप जास्त उंच उडी मारू शकतो, याचा अर्थ त्याच्या पायातले स्नायू पृथ्वीपेक्षा बऱ्याच जास्त गुरुत्वाकर्षणाचा सामना करण्यासाठी तयार झाले आहेत. कथानकानुसार हे शक्य आहे, कारण तो क्रिप्टॉन या वेगळ्या ग्रहावरून आलेला आहे. म्हणजेच क्रिप्टॉन ग्रहाचे गुरुत्वाकर्षण पृथ्वीपेक्षा बरेच जास्त असले पाहिजे. नेमके किती जास्त?

सुपरमॅन उभा असताना त्याचे पाय जेवढा जोर लावतात, त्याच्या ७०% जास्त जोर तो उडी मारताना लावतो असे धरू. म्हणजे त्याचे वजन त्याच्या मातृग्रहावर १४,७३० न्यूटन असायला हवे. पण वजन म्हणजे वस्तुमान गुणिले गुरुत्वाकर्षणाचे त्वरण. सुपरमॅनचे वस्तुमान आपण १०० किलो गृहीत धरले आहे. म्हणजे क्रिप्टॉन या त्याच्या मातृग्रहाचे गुरुत्वाकर्षणाचे त्वरण आहे १४७.३० मी/वर्गसेकंद, म्हणजे पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणाच्या पंधरा पट अधिक!

सुपरमॅन की हनुमान?

जेम्स काकालिओस यांनी या पुस्तकात सुपरहिरोंच्या पदार्थविज्ञानाची चिकित्सा करण्यासाठी १९७० च्या दशकापूर्वीच्या काळातील कॉमिक्समधल्याच कथा वापरल्या आहेत. त्यांच्या मते, त्यानंतरच्या काळातल्या सुपरहिरो कॉमिक्सनी विज्ञानाची कास पूर्ण सोडून दिलेली आहे. सत्तरच्या दशकानंतर सुपरहिरोंमध्ये झालेल्या बदलांची कारणमीमांसाही त्यांनी पुस्तकात दिली आहे.

भारतातल्या आजच्या काळातील मुलांना ही कॉमिक्स आणि त्यातील कथानके माहीत असण्याची शक्यता फारच कमी आहे. शहरातील मुलांना टीव्ही व इतर माध्यमांच्या कृपेने या सुपरहिरोंच्या सध्याच्या रूपाचा थोडातरी परिचय असेल, पण ग्रामीण भागातील मुलांना तोही अजिबात नसेल. पण आपल्या पौराणिक कथांमध्ये आणि स्थानिक पातळीवरच्या अनेक लोककथांमध्येही असे सुपरहिरो आहेत. त्यांच्या सर्वपरिचित गोष्टींमधील चमत्कारांचा वापर आपण भौतिकशास्त्र शिकवताना करू शकू का, यावर शिक्षकांनी जरूर विचार करावा. उदाहरणार्थ या लेखात दिलेले उदाहरण सुपरमॅनऐवजी हनुमान कल्पून वापरता येऊ शकेल.

आपण आपल्या वर्गात असे काही प्रयोग करत असाल, केले असतील, तर त्याबद्दल आम्हाला जरूर कळवा.

हे पुस्तक तुम्ही पीडीएफ स्वरूपात थेट डाउनलोड करू शकता. लिंक -

<https://www.semanticscholar.org/paper/The-Physics-of-Superheroes-Kakalios/e49024d876070954a808b93f47f5300337103a2a>

§§§

लेखक : जेम्स काकालिओस, अमेरिकेतील मिनेसोटा विद्यापीठातील स्कूल ऑफ फिजिक्स अँड अस्ट्रॉनॉमी येथे अध्यापन करतात, सर्वसामान्यांसाठी विज्ञान लेखन करतात.

संक्षिप्त अनुवाद : नीलिमा सहस्रबुध्दे, शैक्षणिक संदर्भ संपादक गटात सहभागी.

इ-मेल : neelimasahasrabudhe@gmail.com

(कळीचे शब्द: पदार्थविज्ञानाचे शिक्षण, न्यूटनचे नियम, उडीचे पदार्थविज्ञान, गुरुत्वाकर्षण,

शिक्षणातील रंजकता, सुपरमॅन, हनुमान)

शैक्षणिक संदर्भ द्वैमासिकाविषयी

शैक्षणिक संदर्भ हे पालकनीती परिवाराचे द्वैमासिक ऑगस्ट १९९९ पासून संदर्भ सोसायटी प्रकाशित करत आहे. मराठीतून चांगले विज्ञान वाचायला मिळावे, शालेय व महाविद्यालयीन विद्यार्थ्यांच्या कुतूहलाला प्रोत्साहन मिळावे, अनुभवांना जोडून असलेल्या विज्ञानाची सहज ओळख व्हावी आणि समाजात वैज्ञानिक दृष्टिकोन वाढावा, हे याचे उद्देश आहेत.

२०१८ सालापासून आम्ही शैक्षणिक संदर्भची छापील आवृत्ती न काढता इ-अंक प्रकाशित करत आहोत व इमेल आणि व्हॉट्सॅपच्या माध्यमातून वाचकांपर्यंत पोहोचवत आहोत.

आपल्याला आमचे अंक वाचायचे असल्यास आपला इ-मेल पत्ता आणि व्हॉट्सॅप क्रमांक (ऐच्छिक) आम्हाला sandarbh.marathi@gmail.com वर पाठवावा. दर आठवड्याला एक लेख व दर दोन महिने पूर्ण झाल्यावर आठ लेखांचा एकत्रित एक अंक असे आपल्याला पीडीएफ स्वरूपात मिळतील.

www.sandarbhsociety.org या वेबसाईटला जरूर भेट द्या. जुने अंकही त्यावर पीडीएफ स्वरूपात उपलब्ध आहेत.

हा उपक्रम विनामूल्य आहे, पण आपण आपला सहभाग ऐच्छिक देणगी रूपात संदर्भ सोसायटीकडे पाठवू शकता. अधिक माहिती वेबसाईटवर उपलब्ध आहे.

- संपादक मंडळ, शैक्षणिक संदर्भ व विश्वस्त मंडळ, संदर्भ सोसायटी