

शैक्षणिक संदर्भ अंक १२८ फेब्रुवारी-मार्च २०२१

पुस्तक परिचय

सुपरहिरोंचे भौतिकशास्त्र

स्पायडरमॅनचे झोके घेणे...

लेखक: जेम्स काकालिओस संक्षिप्त अनुवाद: नीलिमा सहस्रबुद्धे

सुपरहिरोंचे भौतिकशास्त्र

स्पायडरमॅनचे झोके घेणे...

लेखक: जेम्स काकालिओस संक्षिप्त अनुवाद: नीलिमा सहस्रबुद्धे

सुपरहिरो कॉमिक्समधील पात्रे, घटना, इ.चा संदर्भ घेऊन भौतिकशास्त्रातील संकल्पना मनोरंजक पध्दतीने समजावून देणाऱ्या फिजिक्स ऑफ सुपरहिरोज या पुस्तकातील भाग आपण मागच्या दोन अंकांत वाचले. त्याच पुस्तकातील हा आणखी एक भाग.



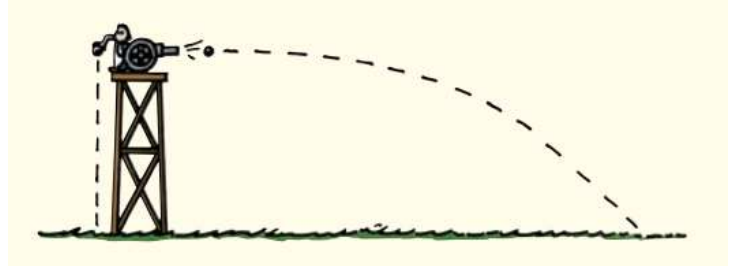
स्पायडरमॅन जेव्हा हातातून येणारे जाळे वापरून इतरांना वाचवतो, किंवा वेगवेगळ्या इमारतींवरून आधार घेऊन झोके घेत वाऱ्यासारखा जातो, तेव्हा जोर किंवा बलाच्या (फोर्स) संदर्भात आणखी एक मुद्दा येतो. हे झोके घेत असताना स्पायडरमॅनच्या जाळ्याला त्याचे स्वतःचे आणि अनेकदा आणखीही कुणाचे वजन पेलता येण्यासारखे असते का? झोका घेऊन पुढे जात

असतानाच स्पायडरमॅन मध्येच एखादा गुन्हेगार/ त्याचा बळी/ प्रेक्षकही... पकडतो आणि त्यासह पुढे जातो. झोक्यासारख्या गतीमुळे यात आणखी एका प्रकारचे बल दिसून येते.

न्यूटनचा दुसरा नियम सांगतो, की कोणत्याही वस्तूच्या गतीमध्ये बदल घडवायचा असेल, तर बाहेरून जोर लावावा लागतो. हा बदल परिमाणात असेल किंवा दिशेतही असेल. पेलायचे वजन बदलले किंवा ते न्यायची दिशा बदलली, तरी लावावा लागणारा जोर बदलणार. बाह्य बल काम करत नसेल, तर वस्तू एकसमान गतीने, सरळ रेषेत प्रवास करते. जेव्हा एकाच गतीने चालणारी गाडी वळणावरून जाते, तेव्हा बाह्य बल – रस्ता आणि चाके यातले घर्षण – काम करत असते. दिशा बदलण्यासाठी ते आवश्यक असते.

गतीची दिशा जेव्हा बदलायची असेल, तेव्हा त्याच दिशेत जोर लावणे गरजेचे असते. उदा. गुरुत्वाकर्षणाचे बल फक्त एकाच दिशेत ओढायचे काम करते. आता समजा सुपरमॅन एखाद्या उंच कड्यावरून धावत निघाला आहे, तो जेव्हा जमिनीपासून सुटेल तेव्हा त्याला गुरुत्वाकर्षण खाली ओढेल, पण त्याचा जमिनीसमांतर वेग मुळीच बदलणार नाही! त्या दिशेने बल नाही... बदलही नाही. मात्र त्याचा खाली जाण्याचा (उभा) वेग वाढत जाईल...

त्या दिशेने एक बल काम करत आहे. या दोन्ही बलांचा परिणाम म्हणजे त्याची पडण्याची दिशा पॅराबोलासारखी होते. हा पॅराबोला हळूहळू जास्त उतरणीचा होत जातो. दुसरे उदाहरण म्हणजे,



एकाच उंचीवरून जमिनीसमांतर टाकलेला चेंडू आणि हातातून नुसता पडलेला चेंडू एकाच वेळी जमिनीवर पोचतात.

स्पायडरमॅन जेव्हा झोके घेत जातो, तेव्हा त्याची दिशा वर्तुळाकार असते. त्याची गती जरी बदलत नसेल, तरी दिशा सातत्याने बदलते. ह्या बदलासाठीही बाहेरून जोर लावावा लागतेच. तेही बल त्याचे जाळेच पुरवते. जाळ्याला १. वजन पेलणे आणि २. वर्तुळाकार

दिशा देणे या दोन्हीसाठी जोर लावावा लागतो. जाळे जर तुटले, तर स्पायडरमॅनवर फक्त गुरुत्वाकर्षण बल काम करेल. आता या क्षणी त्याची हालचाल त्याच्याच वेगाने सोडलेल्या चेंडूसमान असेल.

स्पायडरमॅनचा आणि चंद्राचा वर्तुळाकार प्रवेगाचा अनुभव एकसारखा आहे. एकाला तो जाळ्याच्या ताणामुळे मिळतो, तर दुसऱ्याला गुरुत्वाकर्षणामुळे. दोन्हीकडे सरळ दिशेतील हालचाल वर्तुळाकार बनते.

‘व’ वेगाने फिरणारी वस्तू जेव्हा ‘र’ त्रिज्येच्या वर्तुळाकार मार्गावर फिरते, तेव्हा त्या वस्तूचा प्रवेग (अॅक्सलरेशन) म्हणजे v^2/r . ‘म’ वस्तुमानाचा स्पायडरमॅन जेव्हा अशा मार्गावर झोके घेईल, तेव्हा त्याच्या जाळ्यावर येणारा जादाचा तणाव म्हणजे $m \cdot v^2/r$. त्याच्या वजनानामुळे येणारा तणाव म्हणजे $m \cdot g$ (‘ग’ म्हणजे गुरुत्वाकर्षणामुळे असलेला प्रवेग, 9.81 मी/से²).

समजा स्पायडरमॅन ताशी 10 किमी वेगाने जाताना 60 मीटर लांबीचा झोका घेतो आहे, आणि त्याचे वस्तुमान 75 किग्रॅ आहे.

$$\text{त्याच्या जाळ्यावर येणारा एकूण तणाव} = m \cdot g + m \cdot v^2/r$$

$$= 75 \times 9.81 + 75 \times (10,000/3600)^2/60 = 1353.03 \text{ किग्रॅ मी/सेकंद}^2$$

स्पायडरमॅनने कोणाला उचलून घेतले असले, तर तेवढा तणाव जास्त वाढणार. आता हा तणाव काही कमी नाही. पण खऱ्या कोळी कीटकासारखे जर या जाळ्याचे तंतू असतील, तर चिंता नको. दर किलो धाग्याच्या वजनानुसार त्याची तणाव सहन करण्याची क्षमता लोखंडी दोरखंडाहून पाचेकपट असते. शिवाय ते नायलॉनपेक्षा लवचीक असतात. अत्यंत

सूक्ष्म असे हजारो तंतू एकाच धाग्यात वापरलेले असल्याने, कोणत्याही एका तंतूवर फार ताण येत नाही. या तंतूंच्या मध्ये असलेल्या अशाच सूक्ष्म मार्गात विशिष्ट द्रव भरलेला



असतो. या द्रवामधूनच तणावाचे वितरण होते. स्फटिकीभवनाचे विशिष्ट गुणधर्म असलेल्या प्रथिनांचे ठरावीक प्रमाण या द्रवात वापरून कीटक त्याची ताकद बदलू शकतात. तशीच ताकद

स्पायडरमॅनला असेल असे गृहीत धरायला हवे.

फिजिक्स ऑफ सुपरहिरोज 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, शिक्षणातील रंजकता, स्पायडर मॅन, न्यूटनचे

नियम, गुरुत्वाकर्षण, वर्तुळाकार प्रवेग, कोळ्याचे जाळे)

प्रिय नीलिमा,

स.न.

निमित्त- “सुपरहिरोचे भौतिकशास्त्र: सुपरमॅनचा जन्मग्रह आणि गुरुत्वाकर्षणाचा नियम” हा मूळ कथेचा संक्षिप्त अनुवाद.

तो वाचताना माझ्या मनात तुलनेने एक गौण मुद्दा आणि मला अनेकदा ‘सायन्स फिक्शन’ संबंधी पडलेला एक प्रश्न नेहमीप्रमाणे अवतरला. प्रस्तुत संक्षिप्त अनुवाद हे केवळ निमित्त आहे. सायन्स फिक्शनवर जमल्यास संदर्भमध्ये चर्चा व्हावी, असे वाटते म्हणून हे टिपण.

प्रथम गौण मुद्दा:

Force या इंग्रजी शब्दासाठी मराठी अनुवादात ‘जोर’ हा शब्द वापरला आहे. माझ्या आठवणीप्रमाणे त्यासाठी ‘बल’ हा शब्द रुजवायचा प्रयत्न बालभारतीच्या पाठ्यपुस्तकांतून होत असे. आता वेगळे पारिभाषिक शब्द वापरात आहेत का? असल्यास त्यामागील काही कारणे कोणती आहेत, काही कल्पना?

तसेच, अनेक संस्था, विद्यापीठे, विश्वकोष, विविध विषयांच्या संस्था यांची प्रत्येकाची चूल वेगळी. त्यात मराठी भाषेसाठी संस्कृतमधून शब्द उसने घेतल्याने ते कळणे इंग्रजी शब्दांइतकेच अवघड. इंग्रजीतही लॅटिन-ग्रीक भाषांमधून आयात केलेले पारिभाषिक शब्द इंग्रजी भाषिकांना कळायला अवघड. नेहमीच्या इंग्रजी भाषेतील शब्दांना भिन्न शेड्स चिकटल्या असल्याने ते पारिभाषिक शब्द वापरल्यास नेमकेपण टिकत नसेल, हे त्यामागील कारण दिले जाते. याच कारणासाठी ग्रीसमधील विद्यार्थ्यांसाठी ग्रीक भाषेतून शब्द आयात

करता येणार नाहीत. त्यांच्यासाठी काय उपाय? शिवाय त्यातून योग्य पारिभाषिक शब्दांची गरज भागते, का ती गरज जास्तच गुंतागुंतीची होते? हीच अडचण मराठी पारिभाषिक शब्दांबाबत येते. इंग्रजी पारिभाषिक शब्द ज्या कारणांसाठी ग्रीक-लॅटिन मधून आयात केले जातात, त्याच कारणांसाठी मराठीसाठी पारिभाषिक शब्द संस्कृतमधून आयात केले जातात. ५०-१०० वर्षांपूर्वी मराठी भाषिक विद्यार्थ्यांना संस्कृत येत असे. तेव्हा ते ठीक होते. परंतु आता संस्कृतमध्ये बीए डिग्री असलेल्यांनादेखील बऱ्याचदा संस्कृतमधून बोल-चाल आणि लिखाण या गोष्टी म्हणजेच भाषिक अभिव्यक्ती जमत नाही. अशा काळात मराठी भाषेसाठी पारिभाषिक शब्द हे मराठीत रुळलेले संस्कृत, अरबी, फारसी, कन्नड, तेलगु, गुजराथी, हिंदी, या महाराष्ट्राच्या सीमेला लागून असलेल्या भाषांतील शब्द जरूर घ्यावेत. त्यामुळे मराठी भाषा समृद्धच होईल. परंतु अजून न रुळलेले शब्द स्वीकारू नयेत. जिथे असे शब्द उपलब्ध नसतील, तिथे इंग्रजी पारिभाषिक शब्द शक्यतो जसेच्या तसे देवनागरी लिपीत लिहून रुळवावेत. इंग्रजी भाषेने अनेक भाषांतून शब्द स्वीकारले आहेत. तेथे भाषेच्या शुद्धतेचे फॅड नाही. त्यामुळे इंग्रजीने हिंदी शब्द घेतले की भारतीयांची कॉलर टाईट होते. परंतु, काही मराठी भाषिकांत भाषाशुद्धीकरणाचे फॅड इतके प्रचंड आहे, की व्याकरणाच्या नजरेत योग्य लिखाणाला शब्ददेखील 'शुद्धलेखन' असा आहे. या शुद्धतेला 'पावित्र्या'चा अर्थ चिकटला असल्याने कदाचित ते फॅड एवढे तीव्र असावे. परंतु त्यामुळे मराठी भाषिक विद्यार्थ्यांचे नुकसान होते, ही बाब गौण ठरू नये. जोडीला अनेक विद्यार्थी पुढील शिक्षणासाठी विज्ञान विषय निवडतीलच असे नसते. त्यांना शिकताना एका पारिभाषिक शब्दांऐवजी चारपाच वाक्ये लिहिणे सुचतील असे शिक्षणाने पाहावे आणि त्यांना तसे लिहिण्याची मुभा असावी, हे बरे.

आता मुळातला एक प्रश्न:

अगदी दर्जेदार इंग्रजी विज्ञानकथांतून विज्ञान समजणे कितपत शक्य होते, याबाबत सामाजिक प्रयोगांचा हवाला सहसा कुणी देत नाही. मराठीतही तसे प्रयत्न असले, तर विरळाच असतील. विज्ञानकथा वाचनाने विज्ञानाची गोडी लागते, हा आणखी एक रूढ समज आहे. तसे म्हणणारी आणि तसा स्वतःचा अनुभव असणारी मंडळी समाजात नक्कीच असतात. हे आपल्यापैकी जवळ जवळ प्रत्येकाचे निरीक्षण असेल. परंतु तेथेही सामाजिक प्रयोगांचा हवाला कधी नसतो. परंतु या गृहीतकांचा जाहिरातवजा भडीमार मात्र वरील दोन्ही विधानांसाठी कायम चालू असतो.

वास्तव तर आणखीन वेगळे आहे. विज्ञानकथांपेक्षा शिक्षणात विज्ञान हा एक विषय असल्याने, जास्त विद्यार्थी विज्ञान शिकतात, जास्त विद्यार्थ्यांना विज्ञान समजते, जास्त जणांना त्याची गोडी लागते. विज्ञानकथा हे पूरक वाचन आहे. तो शालेय शिक्षणातील विषय नाही. शाळेत विज्ञान शिकवायला उत्तम शिक्षक (याची अपुरी का होईना, पण व्याख्या करता येते. परंतु या विषयांतरात सध्या मी शिरत नाही) असतील, तर त्यांच्या शिकविण्यामुळे मोजक्या विद्यार्थ्यांच्या मनात विज्ञान विषयात रुची निर्माण होताना आढळते. खरे तर चांगले शिक्षक विद्यार्थ्यांमध्ये शिकण्याची रुची निर्माण करतात, मग त्यांच्या शिकविण्याचा विषय कोणताही असो.

यालाच जोडून विज्ञानकथा/ कविता/ नाटके/ निबंध, इत्यादी, म्हणजे विज्ञानसाहित्य या साहित्यप्रकाराची मुळापासून स्वतंत्र चर्चा सतत व्हावी असे मला वाटते. त्याचे एक महत्त्वाचे कारण आर्थिक उन्नतीसाठी आणि मानवाच्या सामाजिक उत्क्रांतीसाठी तंत्रविज्ञान कायम उपयोगी ठरेल आहे. भविष्यातही ठरेल असे दिसते. त्यामुळे जवळपास सर्वांना

वैज्ञानिक विचारांची ओळख असणे, अनेकांना त्यातील एखाद्या शाखेत थोडेबहुत प्राविण्य असणे आणि काही जणांना त्याची गोडी लागून त्यांनी विज्ञान संशोधन करणे आवश्यक ठरले आहे/ ठरणार आहे. त्यामुळे विज्ञानसाहित्य हे विद्यार्थ्यांमध्ये रुची निर्माण करण्याचे माध्यम म्हणून वापरताना ते साहित्य म्हणून दर्जेदार असणे आवश्यक आहे. मनात विशिष्ट हेतू धरून रचलेले साहित्य हे बेतलेले साहित्य होते. याची अनेक उदाहारणे सांगता येतील, जसे मुलांवर 'संस्कार' करण्यासाठी संस्कारसाहित्य, व्यक्ती, स्थळ, धर्म, देश यांचे महात्म्य मनात रुजविण्यासाठी महात्म्यसाहित्य असे साहित्यप्रकार साहित्य म्हणून श्रेष्ठ ठरू शकत नाहीत. ते त्यांची इच्छित इप्सितेदेखील फारशी साध्य करू शकत नाहीत असे दिसते. त्यामुळे अगदी इंग्रजीतील उत्तमातील उत्तम सायन्स फिक्शन हे साहित्य म्हणून शनीमहात्म्याच्या दर्जास उतरते. या उपमेची मर्यादा अशी आहे: "शनीमहात्म्याची कथा ज्याप्रमाणे ईश्वरावर श्रद्धा असणाऱ्या वाचकांसाठी असते, त्याचप्रमाणे विज्ञानात रुची असणाऱ्या वाचकांसाठीच सायन्स फिक्शन असते. साहजिकच, विज्ञानकथा-कादंबऱ्या सिद्ध झालेल्या वैज्ञानिक संकल्पनांची मोडतोड कधीच करत नाहीत (परिणामी ही उपमा देखील या मर्यादेपलीकडे ताणायची नाही). असे विज्ञानसाहित्य विज्ञानात गोडी निर्माण केल्याचा आभास तेवढा निर्माण करते. मला वाटते, त्यांच्या नायकांना (नायिका अपवादानेच दिसतात) लेखकाने निवडलेल्या रस्तावरून चालवणे लेखकाकडून घडते. लेखक त्यांना पात्रे म्हणून स्वातंत्र्य देत नाही. अगदी भविष्याचा वेध घेणाऱ्या विज्ञानकथा लिहिणारे ज्युल्स व्हर्न (Jules Gabriel Verne हे विज्ञानकथांचे जनक असल्याचे मानले जाते) हे फ्रेंच लेखकदेखील. अशा कथांना भिन्न प्रकारच्या संशोधनाचा दर्जा देणे योग्य ठरेल. परंतु विज्ञानकथा म्हणून तेदेखील त्यांच्या बहुतेक पात्रांना स्वातंत्र्य देत नाहीत. ही बऱ्याच विज्ञानसाहित्य लेखकांतील सर्वसामान्य

मर्यादा असल्याचे जाणवते. त्या तुलनेत डॉ. जयंतराव नारळीकर यांचे मार्गदर्शक आणि स्टेडी स्टेट थियरीचे प्रणेते डॉ. सर फ्रेड हॉयल यांची 'द क्लाउड' ही कादंबरी मात्र अपवाद म्हणावी अशी आहे. ती मुळातून वाचली पाहिजे. जर सायन्स फिक्शन संबंधी संदर्भमध्ये खुली चर्चा होऊ शकली तर उत्तम विज्ञानकथा-कादंबरी म्हणून ब्रेव्ह न्यू वर्ल्ड, 1984 या दोन इंग्रजी कादंबऱ्यांना विज्ञानकादंबऱ्या असे संबोधण्यामागील कारणांची मांडणीदेखील करणे शक्य आहे.

असा विषय चर्चेसाठी घेणे संदर्भ गटाला जमेल, न जमेल, परंतु सायन्स फिक्शन किंवा विज्ञान साहित्याच्या मर्यादा यावर चर्चा होऊ शकते हे किमान कळावे म्हणून तरी हे टिपण प्रसिद्ध होईल अशी मला आशा आहे.

सस्नेह,

प्रकाश बुरटे

संपादक गटाकडून प्रतिक्रिया

प्रकाश बुरटे यांनी विज्ञान साहित्याबद्दल जे म्हटले आहे, त्याबद्दल वाचकांनीही आपली मते जरूर कळवावीत. विशेषतः नुकतीच मराठी साहित्य संमेलनाच्या अध्यक्षपदी एका विज्ञान साहित्यिकाची निवड झालेली असताना ही चर्चा महत्त्वाची आहे.

इतर काही मुद्द्यांबद्दल –

मराठी भाषेत विज्ञान विषय अचूकपणे आणणे महत्त्वाचे आहे, पण शैक्षणिक संदर्भचा हेतू तो नाही. मराठी भाषिकांना (आणि विशेषतः मराठी भाषेतून विज्ञान शिक्षण देणाऱ्यांना आणि घेणाऱ्यांना) विज्ञान विषयांचे योग्य आकलन होण्याच्या दृष्टीने त्यांच्या रोजच्या

वापराच्या भाषेत मांडणी करणे, हा आमचा प्रयत्न असतो. त्यामुळे आम्ही अचूक पारिभाषिक शब्दांबद्दल फार आग्रही नाही. फोर्सला बल म्हणण्यापेक्षा जोर म्हणण्याने मुद्दा अधिक चांगला पोहचतो, असे वाटल्याने तिथे जोर हा शब्द वापरला आहे. यावेळच्या लेखात वाक्यरचनेच्या आवश्यकतेनुसार दोन्ही शब्द वापरले आहेत. बुरटे यांनी सुचवल्याप्रमाणे जिथे मराठी पारिभाषिक शब्द बोजड आहे, रुजलेला नाही, आणि पर्यायी इंग्रजी शब्द अधिक सोपा किंवा परिचयाचा आहे, तिथे आम्हीही इंग्रजी शब्दच जसाच्या तसा वापरतो, आणि जिथे गरज वाटेल तिथे शब्द समूह वापरून संकल्पना स्पष्ट करतो.

फिजिक्स ऑफ सुपरहिरोज पुस्तक परिचयाच्या पहिल्या लेखामध्ये आम्ही हे पुस्तक परिचयासाठी निवडण्यामागची आमची भूमिका, आणि सुपरहिरोंच्या गोष्टी वापरून पदार्थविज्ञान शिकवण्यामागची लेखकाची भूमिका या दोन्हीबद्दल लिहिले आहे. तेही वाचकांनी जरूर पुन्हा पहावे.

या पुस्तक परिचयातील आधीच्या लेखांसाठी लिंक्स –

१. <http://sandarbhsociety.org/pdf/Issue-126/Week-01-Superheros-Issue-126-Shaikshanik-Sandarbh-Oct-Nov-2020.pdf>
२. <https://www.sandarbhsociety.org/pdf/Issue-127/Week-02-Superheroes-Issue-127-Shaikshanik-Sandarbh-Dec2020-Jan2021.pdf>

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