

शैक्षणिक संदर्भ अंक १३१ ऑगस्ट-सप्टेंबर २०२१

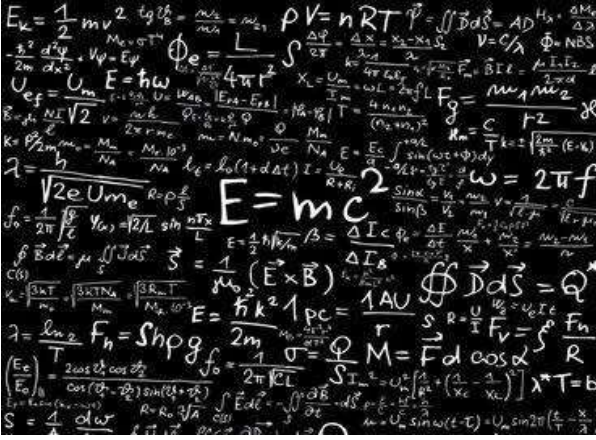
सापेक्षतावाद आणि काळप्रवास

लेखक : डॉ. नितीन हांडे

सापेक्षतावाद आणि काळप्रवास

लेखक : डॉ. नितीन हांडे

आइन्स्टाइनचे नाव घेतले की $e = mc^2$ हे समीकरण लगेच सगळ्यांना आठवते.



त्यातील e हे एनर्जी म्हणजेच ऊर्जा आणि m हे मास म्हणजेच वस्तुमान, हे आपल्याला माहीत असते. पण c म्हणजे??? अनेक लोकांना हे माहीत नसते. अशा अनेक गोष्टी असतात जगात. अतीपरिचय असल्यामुळे

ज्यांच्या खोलात आपण जात नाही. या c ची वैशिष्ट्ये सोप्या भाषेत उलगडण्याचा प्रयत्न या लेखात केला आहे.

वार्धक्य हा माणसाचा आयुष्यातील एक अटळ भाग. त्याच्याविरुद्ध लढण्याचे, त्याला हटवण्याचे मानवाने शक्य तेवढे सर्व प्रयत्न केले. स्वतः तरुण होण्यासाठी स्वतःचं वार्धक्य तरुण मुलाला देणाऱ्या ययातिची कथा आपणास माहीत असेलच, पण काळाला थांबवणे कुणालाच शक्य झाले नाही. शेवटी 'कालाय तस्मै नमः' म्हणून त्याची अपरिहार्यता स्वीकारली गेली. पण आता काळाला मागे खेचणे शक्य आहे. निदान कागदावरील आकडेमोडीनुसार तरी. फक्त एक काम तुम्हाला करावे लागेल. प्रकाशाच्या वेगापेक्षा अधिक गतीने तुम्हाला प्रवास करावा लागेल.

हे म्हणजे शॉपिंग मॉल मधील ऑफर सारखे झाले. ऑफर जवळ छोटा स्टार. खाली अटी आणि शर्ती लागू. प्रकाशाचा वेग काही फार नसतो. केवळ २,९९,७९२ कि.मी./सेकंद. आपल्याला स्पीड दरताशी मोजायची सवय असेल ना. तर प्रकाशाचा वेग दर ताशी केवळ एक अब्ज आठ कोटी कि.मी. एवढा वेग साधणे आज मितीला तरी मानवाला शक्य झाले नाही. पण विज्ञानाबाबत एका विचारवंताचे एक वाक्य नेहमी लक्षात ठेवा 'कधीच नाही असे कधीच नसते, never say never' भारी वाक्य आहे ना... माझेच आहे.

आजच्या घडीला एखादी बाब शक्य नसली तरी कदाचित भविष्यात ती शक्य होईल सुद्धा. कारण विज्ञान नम्र असते, आणि कायम नाविन्याचा शोध घेत असते. आज आहे त्यापेक्षा उद्या विज्ञान अधिक विकसित झालेले असते. आपण १९७७ साली त्या काळात उपलब्ध असलेल्या तंत्रज्ञानाच्या साह्याने पाठवलेले 'वोयाजर' यान आज आपल्या

सूर्यकुटुंबाची कक्षा ओलांडून ताशी ५५,००० कि.मी. वेगाने अंतराळात भ्रमण करत आहेच ना. बिचारे एवढा वेग असून पण एका वर्षात केवळ पन्नास कोटी कि.मी. अंतर पार पाडत आहे. त्यापेक्षा आपली पृथ्वी बरी, सूर्याभोवती तासाला एक लाख कि.मी., आणि एका वर्षात ९४ कोटी कि.मी. एवढे अंतर पार करते.



इथे एक गंमत सांगावी वाटते.. जरा विषयांतर झाले तर होऊ द्या. वोयाजर अनंताच्या प्रवासाला निघाले आहे. कोणताही निश्चित तारा डोळ्यासमोर ठेवून त्याचा प्रवास नाही.

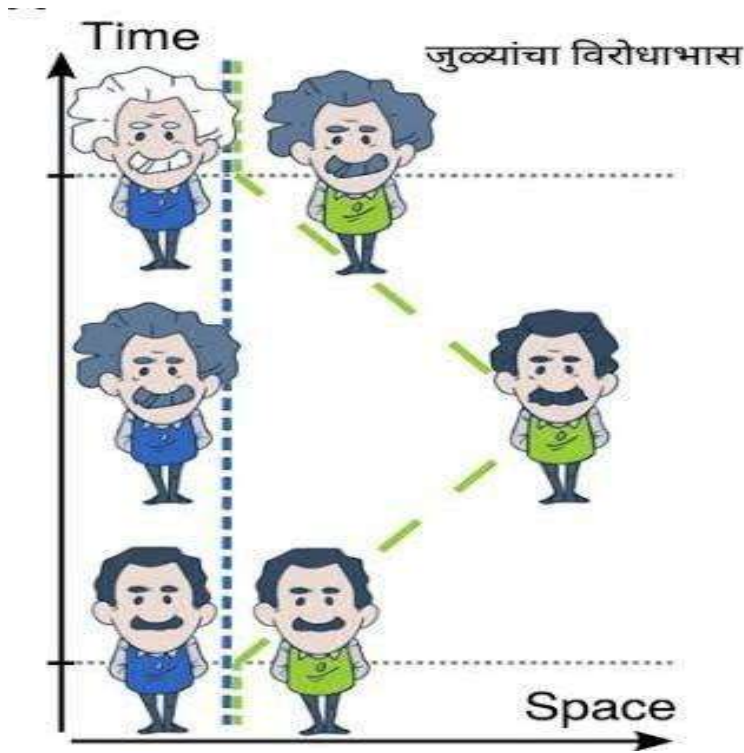
आपल्या सगळ्यात जवळचा मित्रतारा अल्फा सेंटॉरी केवळ ४.२५ प्रकाशवर्ष दूर आहे. (एक प्रकाशवर्ष म्हणजे ९,४६१ अब्ज कि.मी. प्रकाश एका वर्षात प्रवास करतो ते अंतर) म्हणजे सगळ्यात जवळच्या ताऱ्यापर्यंत पोचायला देखील वोयाजरला ८०,००० वर्षे लागतील. तरी देखील त्याचा प्रवास सुरू आहे. त्या यानाला कुणी परग्रहवासियांनी पकडले तर त्यांना पृथ्वीवरची संस्कृती कळावी म्हणून पृथ्वीची सुंदर चित्रे, जगप्रसिद्ध संगीतकारांची गाणी, लहान बाळाचे रडणे रेकॉर्ड केलेली टेप इत्यादी वस्तू त्या यानात आहेत. अर्थात परग्रहवासी ते पाहून आपल्याशी संपर्क साधेपर्यंत इकडे आपण पृथ्वी नीट ठेवली असेल याची मात्र खात्री नाही.

पुन्हा विषयाकडे.... आइन्स्टाइनच्या समीकरणामधील c हा असतो प्रकाशाचा वेग. जो साधारण एका सेकंदाला तीन लाख कि.मी. असतो. $e = mc^2$ मांडताना आइन्स्टाइन म्हणतो की पदार्थाच्या लहानात लहान कणामध्ये प्रचंड उर्जा असते. या समीकरणामुळे किरणोत्सर्ग का होतो याचे कोडे उलगडले. यामुळे अणुबॉम्ब, अणू ऊर्जा याबाबत मार्गदर्शन झालेच पण या सृष्टीची निर्मिती कशी झाली याचे पण स्पष्टीकरण मिळाले. आइन्स्टाइनचा सापेक्षता सिद्धांत असे सांगतो की “अंतर आणि वेळ या बाबी प्रकाशाच्या वेगानुसार बदलतात.” अर्थात आपण शाळेत शिकत आलो आहे की, अंतर = वेग x वेळ, मात्र हा वेग जेव्हा प्रकाशाच्या वेगाच्या जवळ जाईल तेव्हा हे समीकरण काम देणार नाही... जड होते आहे का.. आपण उदाहरण घेऊ.

समजा जब्या आणि पिऱ्याला काळी चिमणी घावली नाही आणि त्यांना समजले की आपल्या शेजारील मित्रतारा अल्फा सेंटॉरी सौरकुळातील एका ग्रहावर तश्या चिमण्या मिळतात. तो ग्रह आपल्यापासून ५ प्रकाशवर्ष लांब आहे. त्या दोघांना सायकलवाल्या

नागराजअण्णाने एक अशी मशीन बनवून दिली जी प्रकाशाच्या वेगाने जाऊ शकेल. त्यांना जाऊन येऊन आपल्या 'पृथ्वीवरची १० वर्ष' लागली. ते जेव्हा चिमणी घेऊन परत गावात येतील तेव्हा ते दोघे आहे तसेच दिसतील. मात्र शालूचे लग्न होऊन एव्हाना तिची पोरगी अंगणवाडीत जात असेल. शालू १० वर्षांनी मोठी होईल, जब्या, पिऱ्या आधी होते तेवढेच दिसत असतील.

अर्थात वरील कहाणी सैद्धांतिक खरी असली तरी प्रत्यक्षात खरी नाही होणार. आईनस्टाईन म्हणतो की "कोणतीही वस्तू किंवा पदार्थ प्रकाशाच्या वेगाइतकी गती गाठू शकत नाही." प्रकाशाची गती ही जागतिक कमाल वेगमर्यादा. सैद्धांतिक दृष्ट्या 'आपण



प्रकाशाच्या गतीच्या जेवढे जवळ जाऊ तेवढा काळ आपल्यासाठी स्थिर जगापेक्षा मंदावतो.'

हे स्पष्ट करायला 'जुळ्यांचा विरोधाभास' हे उदाहरण जगभर दिले जाते. दोन जुळ्या भावांमधील एक भाऊ हा प्रकाशाच्या वेगाच्या

जवळ जाईल अशा गतीने अंतराळभ्रमण करून पृथ्वीवर परत येतो तेव्हा पृथ्वीवर त्याची वाट पाहत बसलेला "बिचारा भाऊ" हा वयाने जास्त म्हातारा झालेला असतो. अंतराळ फिरून आलेल्या भावाचे वय पृथ्वीवरच्या भावाच्या तुलनेत कमी वेगाने वाढल्याचे दिसते.

अजून एक उदाहरण घेऊ. समजा, रॉबर्ट आणि मोना डार्लिंग यांनी पळून जाण्यासाठी एक यान हायजॅक केले. रॉबर्ट त्यात बसून अंतराळात फरार होणार आहे आणि आपली खुशाली दर तासाला पृथ्वीवरील मोनाला कळवणार आहे. यानाचा वेग प्रत्येक तासाला दुप्पट वाढतो आहे. आधी काही तास मोनाला बरोबर एक तासाने खुशालीचा संदेश पोचेल. मात्र नंतर जसजसा यानाचा वेग वाढत जाईल - प्रकाशाच्या वेगाच्या जवळ जाईल, तेव्हा पृथ्वीवर येणारा संदेश काही सेकंद उशिरा येईल. वेग अजून वाढत जाईल... आणि संदेश मिळायला पण उशीर होईल. हा उशीर टप्प्याटप्प्याने काही मिनिटे, तास, दिवस, महिने, वर्षे असा वाढत जाईल.

‘प्लॅनके मुताबिक’ रॉबर्ट तर दर तासाने न चुकता संदेश पाठवत आहे. मग असे का घडते... कारण जसा वेग वाढत जाईल तसे यानामधले घड्याळ मंद होत जाईल. घड्याळानुसार रॉबर्ट इमानदारीमध्ये एका तासाने संदेश पाठवेल.. मात्र मोनाला वाटेल, “रॉबर्टने चाटी मारली.. फसवले मला.” दहा वर्षे वाट पाहून ती लग्न उरकून घेते. ‘यानामधल्या पाच वर्षांनी’ रॉबर्ट पृथ्वीवर परत येतो तेव्हा मोना डार्लिंग जख्ख म्हातारी झालेली असते. मोना खूप डाफरते, रॉबर्ट सगळे इमानदारीमध्ये सांगतो, शेजारी राहणारा ‘रिच्या’ त्यामागचे शास्त्रीय कारण समजावतो आणि शेवटी मोनाच्या नातीसोबत रॉबर्टचे लग्न होते.

आइन्स्टाइनच्या सिद्धांतानुसार विश्व हे सतत प्रसरण पावते हे सिद्ध होत होते, मात्र आइन्स्टाइन हे विश्व स्थिर असल्याच्या न्यूटनप्रेरित संकल्पनेला इतका चिकटून बसला होता की त्यासाठी तो सिद्धांतात ‘स्थिरांक’ वगैरे ठिगळे लावायला देखील कमी करत नव्हता. रशियन शास्त्रज्ञ ‘अलेक्झांडर फ्रीडमन’ या शास्त्रज्ञाने विश्व विस्तार पावत आहे असे

मांडायला सुरुवात केली तेव्हा त्याला वेड्यात काढायला आइन्स्टाइन सुद्धा आघाडीवर होता. मात्र नंतर आइन्स्टाइनला आपली चूक कबूल करावी लागली. चूक कबूल करायचा दिलदारपणा असेल तरच विज्ञान पुढे जाते, नवीन शोध लागतात.

आजवर आपण दोन वोयाजर आणि एक पायोनियर अशी तीन याने आपल्या सूर्यकुटुंबाच्या हद्दीबाहेर पाठवली. वोयाजर जेव्हा ८०,००० वर्षांनी अल्फा सेंटोरीला पोहचेल, तेव्हा तिथले घड्याळ पृथ्वीपेक्षा १ तास मागे असेल. एवढे तपशील आज आपण विज्ञानाच्या साह्याने सांगू शकतो. (खूप मोठा बदल नाही कारण यानाचा वेग हा प्रकाशाच्या तुलनेत काहीच नाही... २०,००० पट कमी आहे. त्यामुळे हा बदल अतिशय अल्प स्वरूपाचा आहे.)

सापेक्षतावाद हे सांगतो, की काळ हा घटक 'गुरुत्वाकर्षण'वर देखील अवलंबून असतो. या गुरुत्वाकर्षणाचा सर्वात जबरदस्त आविष्कार म्हणजे 'कृष्णविवर'. कृष्ण आणि आकर्षण हे नाते इथे पण दिसते. कृष्णविवराच्या जवळून जाताना सर्व ग्रह तारे त्यात खेचले जातात.

जेव्हा ताऱ्याचे इंधन संपते तेव्हा त्या ताऱ्याचे कृष्णविवरात रूपांतर होते. प्रचंड वस्तुमान दाबून कमी आकारमानात ठासले जाते. साहजिक त्याची घनता प्रचंड प्रमाणात वाढते. समजा आपल्या सूर्याला दाबून फुटबॉलएवढे बनवले गेले तर त्याचे रूपांतर कृष्णविवरात होईल. (उदाहरण समजावे म्हणून दिले आहे. आपल्या सूर्याचे नाही होणार कृष्णविवर.) मग तो आसपास येणाऱ्या आणि कमी गुरुत्वाकर्षण असलेल्या सर्व वस्तूंना गिळून टाकेल. त्याचे गुरुत्वाकर्षण एवढे प्रचंड असेल की प्रकाशकिरणही त्यातून बाहेर पडू शकणार नाहीत.

ताऱ्यांच्या मरणात कृष्णविवराचा जन्म असतो. ताऱ्याच्या पोटात हायड्रोजनचे



ज्वलन होऊन त्याचे रूपांतर हेलियममध्ये होत असते. जेव्हा हायड्रोजनचा साठा संपतो तेव्हा तो तारा आकुंचन पावू लागतो. नंतर हेलियमचे ज्वलन सुरू होते, तेव्हा तो तारा 'रेड जायंट'

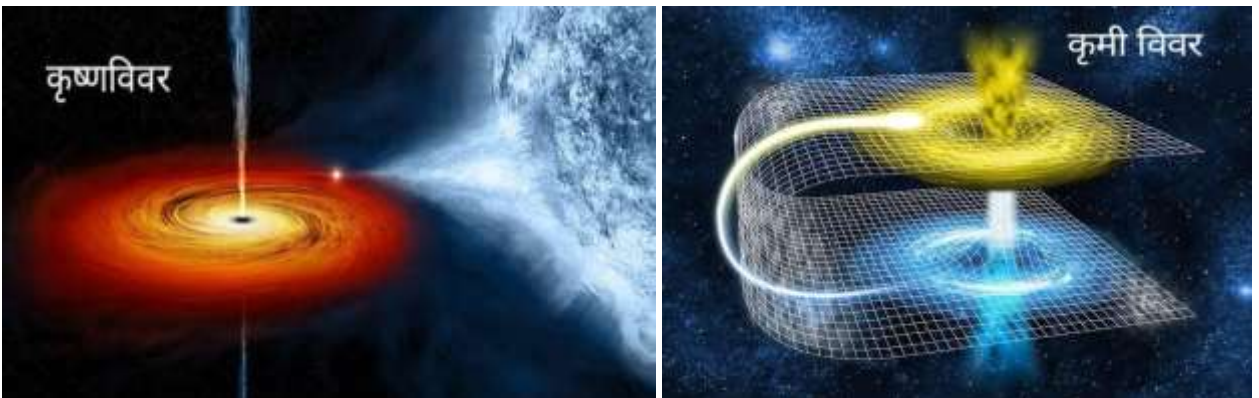
म्हणून संबोधला जातो. जेव्हा हेलियम देखील संपते, तेव्हा अजून आकुंचन पावून त्याचे रूपांतर 'श्वेतबटू' म्हणजे छोट्या पांढऱ्या ताऱ्यात होते, ज्यातून प्रकाश बाहेर पडत नाही.

पुढे या ताऱ्यात केवळ न्यूट्रॉन शिल्लक राहतात. सुरुवातीला लाखो कि.मी. मोठा व्यास असलेला हा 'न्यूट्रॉनतारा' आता केवळ एका शहराएवढा छोटा झालेला असतो. तारा अजून आकुंचन पावून शेवटी कृष्णविवर तयार होईल.

सगळ्याच ताऱ्यांचे कृष्णविवर होत नाही. त्यासाठी मुळातच ताऱ्याचे वस्तुमान खूप जास्त असावे लागते. आपल्या सूर्याचे केवळ श्वेतबटू मध्ये रूपांतर होणार आहे. आपल्या सूर्यापेक्षा तिप्पट मोठा तारा 'न्यूट्रॉनतारा' बनण्यापर्यंत मजल मारतो तर त्यापेक्षा मोठा असलेलाच कृष्णविवर बनू शकतो. कोणता तारा कितपत मजल मारून मग मरणार हे भारतीय वंशाच्या चंद्रशेखर या शास्त्रज्ञांनी शोधून काढले. त्यांनी शोधलेल्या 'चंद्रशेखर मर्यादा' या संकल्पनेमुळेच त्यांना नोबेल पारितोषिक मिळाले आहे.

तुम्हाला माहिती आहे का, पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणाबाहेर पडायचे असेल तर रॉकेटचा वेग किती असावा लागतो. तासाला ४०,००० कि.मी. किंवा सेकंदाला सुमारे १२ कि.मी. यालाच 'मुक्तीवेग' (एस्केप व्हेलॉसिटी) म्हणतात. आपल्या पृथ्वीपेक्षा सूर्याची गुरुत्वाकर्षण शक्ती खूप जास्त आहे. त्यामुळे सूर्यासाठीचा मुक्तीवेग आहे ६२५ कि.मी. प्रति सेकंद. कृष्णविवरासाठीचा मुक्तीवेग आपल्या सूर्यपेक्षा ५०० पट जास्त असतो. त्यामुळे प्रकाशकिरणे त्यातून बाहेर पडू शकत नाहीत. म्हणून कृष्णविवरे डोळ्यांनी किंवा दुर्बिणीने दिसत नाहीत, क्ष किरणांच्या साहाय्याने त्यांचे अस्तित्व मात्र सिद्ध करता येते. आपल्या आकाशगंगेच्या मध्यभागी कृष्णविवर सापडले आहे, त्याचे वस्तुमान आपल्या सूर्याच्या १००० अब्ज पट जास्त आहे.

आपल्याला काळ मागे न्यायचा असेल तर कृष्णविवराचा काही उपयोग नाही. इथे केवळ इनकमिंग फ्री आहे, आउटगोइंग टोटली बंद. कारण एवढा मुक्तीवेग आपण मिळवू शकत नाही. म्हणजे काळ प्रवास करायचा असेल तर काहीतरी वेगळा उपाय करायला लागेल. यासाठी प्रयोग करत असलेल्या शास्त्रज्ञांना वाटते की अब्जावधी अंतर असलेल्या या ठिकाणांना जोडणारा काही तरी शॉर्टकट असेल. रूमालाची दोन टोके जरी लांब असली तरी रूमालाची घडी घालताना जशी जवळ येतात, त्याचप्रमाणे अंतराळातील अशी घडी असलेली जागा शोधली पाहिजे. अशी जागा म्हणजे 'कृमीविवर' (वर्महोल). आपल्याला



काळावर विजय मिळवायचा असेल तर कृमीविवराचा शोध घ्यावा लागेल. आणि तो शोध लागला की मग आपल्याला पाहिजे त्या काळात घुसून हवी तशी धमाल करता येईल.

कृष्णविवर, काळप्रवास आणि सापेक्षतावाद यावर सोप्या भाषेत माहिती देण्याचा मी प्रयत्न केला आहे. मात्र माझ्यापेक्षा सोप्या भाषेत आइन्स्टाइन सापेक्षतावाद सांगतो.. तो म्हणतो, “आवडती व्यक्ती सोबत असेल तर एक तास देखील दोन मिनिटांचा वाटतो, आणि गॅसशेगडीवर बसलो तर दोन मिनिटे पण एका तासाएवढे...” ट्राय करून पाहणार का?

हसत राहा, गेलेला काळ अजून परत मिळवता आलेला नाही, आहे तोच क्षण हसत जगू... हसू आणि हसवू... आपले आणि इतरांचे जीवन सुंदर बनवू.

https://richyabhau.blogspot.com/2020/11/blog-post_19.html इथून साभार.

§§§

लेखक: डॉ. नितीन हांडे, अंधश्रध्दा निर्मूलन समिती कार्यकर्ता, ‘ज्ञानाचा प्रवाहो चालीला’ पुस्तकाचे सहलेखक, ‘डावकिनाचा रिच्या’ या टोपणनावाने ब्लॉग लिहितात.

इ-मेल : dr.nitin.hande@gmail.com

(कळीचे शब्द: आईनस्टाईन, सापेक्षतावाद, काळप्रवास, प्रकाशाचा वेग, वोयाजर,
पायोनियर, कृष्णविवर, कृमीविवर)

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 वेबसाइटवर उपलब्ध आहे.

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