

शैक्षणिक संदर्भ अंक १३० जून-जुलै २०२१

पुस्तक परिचय

सुपरहिरोंचे भौतिकशास्त्र

गुणोत्तराचे महत्त्व

लेखक: जेम्स काकालिओस संक्षिप्त अनुवाद: नीलिमा सहस्रबुद्धे

सुपरहिरोंचे भौतिकशास्त्र

गुणोत्तराचे महत्त्व

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 मागील काही अंकांमध्ये वाचले आहेत. त्याच पुस्तकातील हा आणखी एक भाग.

अँटमॅनचा ठोसा

अँटमॅन नावाचा एक हिरो कॉमिक्समध्ये असायचा. त्याने तयार केलेल्या जादूई



काढ्यामुळे माणसाचे मुंगीमध्ये आणि उतारा काढा प्यायला की त्या मुंगीचे पुन्हा माणसामध्ये रूपांतर होऊ शके. हा काढा पिऊन लहान झालेला अँटमॅन त्याच्या पिटुकल्या आकारामुळे कुठेही जाऊ शकत असे, गलोलितून सुटून

क्षणात शहर ओलांडून जात असे आणि त्याला झेलायला शेकडो मुंग्या एका ठिकाणी जमून एअरबॅगचे काम करत... अशा करामती एकेका कथेत आहेत.

एका कथेमध्ये तो व्हॅक्युम क्लीनरच्या कागदी पिशवीत अडकतो, आणि ठोसा (पंच) मारून, ती पिशवी फाडून बाहेर येतो. पण ती पिशवी फाडण्याइतका जोर त्याच्या छोट्या मुठीत असेल का? पाहूया...

आपला जोर हा स्नायूच्या लांबीवर नव्हे तर आडव्या छेदाच्या (क्रॉस सेक्शन) क्षेत्रफळावर अवलंबून असतो. समजा अँटमॅनची उंची १०० पटीने कमी झाली आहे. म्हणजे सर्वच दिशांनी (X, Y, Z) १०० पटीने आकार कमी झालेला असणार. अर्थातच स्नायूच्या आडव्या छेदाचे क्षेत्रफळ १०,००० पटीने कमी होईल. त्यामुळे त्याचा जोरही १०,००० पटीने कमी असणार. त्याच्या ठोश्यामुळे निर्माण झालेला दबाव = जोर किंवा बल भागिले क्षेत्रफळ.

आता हे लक्षात घेतले, की त्याच्या मुठीचे क्षेत्रफळदेखील १०,००० पटींनीच कमी झालेले आहे, तर त्याच्या ठोश्याचा दबाव पूर्वीइतकाच राहिल याची खात्री होईल. म्हणजे जोर / बल कमी झालेले असूनही त्याच्या फटक्यामुळे कागदाची पिशवी फाडून तो नक्की बाहेर येईल!

स्पायडरमॅनची उडी

कोळी किंवा पिसू एखाद मीटर एवढी उंच उडी मारतात. म्हणजे त्यांच्या उंचीच्या ५०० पट. स्पायडरमॅनला कोळ्यासारखी शक्ती जेव्हा प्राप्त होते, तेव्हा तोदेखील त्याच्या उंचीच्या ५०० पट उंच उडी मारू शकेल का?

नाही! खरे तर तोही माणसाएवढीच म्हणजे १ मीटर इतपतच उडी मारू शकेल!

तुम्ही किती उंच उडी मारू शकता, ते दोन गोष्टींवर अवलंबून आहे. तुमचे वस्तुमान (mass, m) आणि तुम्ही जमिनीवर लावू शकता ते बल (force, F). यावरून तुम्हाला सुरुवातीला किती प्रवेग (acceleration, a) मिळेल ते ठरते. एकदा जमिनीवरून तुमचे पाय सुटले, की फक्त गुरुत्वाकर्षणाचा जोर काम करत राहतो. त्यामुळे तुमचा सुरुवातीचा प्रवेग कमी होतहोत शून्य झाला की तुम्ही खाली यायला लागता.



न्यूटनच्या दुसऱ्या नियमानुसार $F = m \times a$. जर m जास्त असेल, तर तेवढाच जोर/ बल लावूनही प्रवेग a कमी मिळेल. त्यामुळे सुरुवातीला मिळणारा वेग (velocity, v) कमी असेल, अर्थातच उडीची उंची कमी होईल. कीटक उंच उडी मारतात त्याचे कारण ते मोठा जोर लावतात असे नाही, तर त्यांचे वजन अगदी कमी असते हे आहे. दुसरी गोष्ट म्हणजे, त्यांचे शरीर निमुळते असल्याने त्यांना हवेचा विरोध फारसा होत नाही.

थोडक्यात काय, नुसते आकार वाढवले म्हणजे ताकद वाढेल / उडीची उंची वाढेल / फटका जोरात बसेल असे नाही. अनेक ठिकाणी गुणोत्तरे लक्षात घेणे महत्त्वाचे असते!

मूक-बधीर-अंध अँटमॅन

अँटमॅनप्रमाणेच कॉमिक्समधले आणखीही काही सुपर हिरो आपला आकार लहान करण्याची विद्या प्राप्त असलेले होते. असा आकार लहान केल्यावर / झाल्यावर त्यांच्या ऐकण्या बोलण्याच्या आणि पाहण्याच्या क्षमतेवर देखील भयंकर परिणाम होणार... तो मात्र कुणी विशेषसा लक्षात घेतलेला नाही.

जेव्हा अँटमॅन मुंगीच्या आकाराचा होतो, तेव्हा त्याची मापे साधारण ३०० पटीने लहान होतात. त्याचे स्वरयंत्र, त्याच्या कानाचा पडदा, त्याच्या डोळ्याचे बुबुळ यांची मापेदेखील ३०० पटींनी लहान होतील. त्यामुळे त्याचा आवाज, त्याला ऐकू येणारे आवाज आणि त्याची दिसण्याची क्षमता यातही बदल होतील.

मूक-बधीर?

स्वरयंत्राचे माप म्हणजेच त्यातील तंतू ३०० पट लहान झाल्याने, त्यांची मूलभूत कंपनसंख्या ३००च्या वर्गामुळाइतकी मोठी होईल... साधारण १७ पट वाढेल. माणसाच्या आवाजाची कंपनसंख्या साधारण २०० प्रति सेकंद असते. अँटमॅनच्या आवाजाची होईल ३४०० प्रति सेकंद. आपण तो आवाज ऐकू शकू, पण तो अतिउच्च / किंचाळण्याच्या सुरात ऐकू येईल. शिवाय त्याची छातीदेखील लहान झाल्याने आवाज लहान होणार... ५ फुटावर तरी ऐकू जाईल की नाही शंकाच आहे.

त्याला ऐकू येणारे आवाज त्याच्या कानाच्या पडद्यावर अवलंबून आहेत असे गृहीत धरले, तर तेवढ्याचा होणारा परिणाम आपण पाहू. आपण २० ते २०,००० प्रति सेकंद एवढ्या कंपनसंख्येचे आवाज ऐकू शकतो. ते १७ पट वाढून, कमीत कमी ३४० कंपनसंख्येचेच आवाज तो ऐकू शकेल. थोडक्यात, बहुसंख्य माणसांचा आवाज ऐकणे त्याला शक्यच होणार नाही. शिवाय कानाचा पडदा लहान झाल्याने त्याची संवेदनक्षमताही कमीच होणार. आपण बोलतो तेव्हा हवेमध्ये ज्या लाटा निर्माण होतात, त्यातल्या दाट आणि विरळ थरांमधला फरक साधारण १०,००० मध्ये १ भाग एवढाच असतो. तो समजायला पडदा पुरेसा मोठा हवा.

आणि अंध?

अँटमॅनच्या बुबुळाचा आकार माणसाच्या बुबुळाच्या ३०० पट लहान होईल. त्यातून पलीकडे जाऊन जे प्रकाशकिरण डोळ्याच्या पडद्यावर पडतील, त्यावरूनच त्याला समोरचे दृश्य आकलन होईल. माणसाच्या बुबुळाचे माप साधारण ५ मिमी. असते, आणि त्याला दिसणाऱ्या प्रकाशाची तरंगलांबी ६५० नॅनोमीटर (लाल) ते ४०० नॅनोमीटर (जांभळा) असते. सरासरी ५०० नॅनोमीटर धरू. आपले बुबुळ या तरंगलांबीच्या १०,००० पट मोठे असते. अँटमॅनचे बुबुळ ३३ पटच असेल. यामुळे त्यातून पलीकडे जाणारे किरण मुक्तपणे न पोचता त्यांच्यामध्ये विवर्तन (diffraction) निर्माण होईल. परिणामी समोरचे दृश्य त्याला धूसर, पुसट, सारवल्यासारखे दिसेल.



कीटकाचा डोळा आणि मांजराचा डोळा – दोन्हीच्या रचनेत फरक आहे.

कीटकांचे आणि मोठ्या प्राण्यांचे डोळे अगदी वेगळ्या रचनेचे असतात. कीटकांच्या डोळ्यात अनेक छोटीछोटी भिंगे असतात, त्यामुळे विवर्तनाचा प्रभाव टाळता येतो. त्यांना प्रकाशाच्या तेजस्वितेमधले बदल झटकन समजतात, (उदा. जवळ येणारी सावली), मात्र सुस्पष्ट रेषा दिसत नाहीत. त्यामुळे त्यांना स्पर्श आणि गंध यावर जास्त अवलंबून राहावे लागते. अंगावरच्या सूक्ष्म केसांमुळे त्यांना हवेतील सूक्ष्म प्रवाहदेखील समजू शकतात.

वाढता वाढता वाढे...

अँटमॅनच्या करामती पाहून कंटाळा आल्यावर सुपरमॅनने ठरवले की आता नवा जादूई काढा तयार करावा... आकार वाढवणारा. तो तयार झाला, मग प्रश्न आला की आकार किती वाढवायचा? १०, १५, २० की १०० पट? आकार कमी केल्यावर अँटमॅनच्या ऐकण्या-बोलण्यावर, पाहण्यावर मर्यादा आल्या होत्या. आकार वाढवल्यावर काय होऊ शकेल? पाहूया...

आकार वाढवण्याबरोबर त्याची घनता कायम राहणार आहे का? का वजन कायम राहणार आहे ते आधी ठरवायला लागेल. घनता कायम राहिली, तर वजन / वस्तुमान आकाराबरोबर वाढेल.

जर वजन कायम राहिले, तर जसजसा आकार वाढेल तसतशी घनता कमीकमी होत जाईल. म्हणजे समजा ८० किलो वजनाचा माणूस साडेपाच फुटाएवजी ११ किंवा २२ किंवा ४४ फूट झाला, तर तो एखाद्या इमारतीएवढा तर दिसेल, पण त्याची ताकद मात्र चिमणीएवढीच असेल.

मात्र घनता कायम राहिली, तर त्याच्या उंचीबरोबर आकारमान आणि त्याचे वजन वाढत जाईल. गणित सोपे करायला आपण त्याचा आकार दंडगोल आहे असे समजू. उंची L मीटर, त्रिज्या r मीटर. त्याचा आकार जर १० पट वाढला, म्हणजे उंची 10 L, त्रिज्या 10 r. तर त्याचे मूळ आकारमान $\pi \times r^2 \times L$ वाढून आता $\pi \times 100 r^2 \times 10 L$ एवढे होईल. १००० पट वाढेल. (घन आकार L x L x L किंवा गोलाकार $\frac{4}{3} \times \pi \times r^3$ असेल तरी आकारमान घन पटीनेच वाढत जाते.) म्हणजे त्याचे वजन होईल ८०,००० किलो.

आता त्याची ताकद किती वाढेल ते पाहू. ताकद अवलंबून असते स्नायूंच्या आणि हाडांच्या क्षेत्रफळावर. मूळ आकारात त्याच्या मांडीच्या हाडाला ८००० किलो आणि मणक्याला ३६० किलो वजन पेलते. उंची दसपट झाली, की क्षेत्रफळ १०० पट होणार म्हणजे, आकारमान वाढल्यावर त्याच्या मणक्याला ३६,००० किलो वजन झेपेल आणि मांडीच्या हाडाला ८,००,००० किलो. थोडक्यात, त्याच्या पाठीला काही त्याचे वजन पेलणार नाही. ताकद वर्गप्रमाणात आणि वजन घन प्रमाणात वाढल्यावर नुसते स्वतःचे वजन पेलायलासुद्धा मर्यादा येणार.

नुसते स्वतःचे वजन पेलायचे, तरी उंची किती पट वाढू शकते, ते काढून पहा बरे.

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, अँटमॅन, जोर आणि स्नायूचे क्षेत्रफळ, स्पायडरमॅनची उडी, न्यूटनचा दुसरा नियम, गुणोत्तर, मूक बधीर अँटमॅन, अँटमॅनचा आकार)

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