

शिक्षा कता... शिकवतां ..

विज्ञान शिक्षणासाठी कार्यशाळा: उष्णता

प्रकाश बुरटे

दोन चार काडेपेट्या, दोन चार मेणबत्त्या, सिगारेट लायटर, सँडपेपर एवढे साहित्य सोबत घेतले होते आणि शाळेकडून बीकर, स्पिरीटचा दिवा, थोडासा बर्फ, टीपकागद असं सामान मागितलं होतं. इंग्रजी माध्यमाच्या शाळेने दोन दिवस उपलब्ध करून दिले होते. हाताशी दररोज तीन तास असा वेळ होता. विज्ञानासंबंधी गप्पा मारायच्या एवढंच ठरलं होतं. वर्गात तीसेक मुलं. नववीतील. प्रत्येकाला बसायला खुर्ची आणि समोर एकेक छोटे टेबल होते. दर दोन टेबलात जाण्या-येण्यासाठी छोटीशी वाट होती. आम्ही सारेजण चौकोनात बसलो होतो. ओळखीचे सोपस्कार झटपट आटोपते घेतले. ठरवूनच.

एका मुलाला मेणबत्ती आणि दुसऱ्याला काडेपेट्टी घेऊन जायला सांगितली. काही खास कारण नसताना त्यातला एक मुलगा थोडा गांगरला. मेणबत्ती पेटवताना या मुलाने गुलाकडची बाजू हातात धरून काडी पेटवायचा प्रयत्न केला. एकदोनदा काडी घासल्यावर चूक लक्षात आली. वरमून त्यानं काडी उलटी केली. बाकी मुलं हसली. एकदोनदा घासली. पेटली. मेणबत्ती मात्र

एका काडीत पेटली नाही. दोनचार काड्या ओढाव्या लागल्या. मेणबत्ती पेटली एकदाची. “काडीचे गुल खरबरीत भागावर घासल्यावरच काडी का पेटत असावी?” “काडी उलटी धरून खरबरीत भागावर घासल्यास का पेटत नसावी?” “काडीचे गुल सँडपेपरवर घासलं तर पेटेल का काडी?”

“दोन काड्यांची गुलं एकमेकांवर घासून पाहिल्यास काय दिसेल?” माझ्याकडच्या काडेपेट्या आणि मेणबत्त्या मुलांकडे सोपवल्या. पोरानी सँडपेपरचा तुकडा मागितला. मेणबत्ती पेटवण्याने गप्पांना आणि काड्या ओढायला भरपूर खाद्य पुरविले. पोरं एकमेकांशी वाद घालत होती. काड्या ओढत होती. गोंधळ घालत होती. घर्षणाने आणि पाण्यात टाकलेल्या चुनखडीने उष्णता तयार होते की नाही यावर हमरीतुमरी लागली होती. गुलानंतर काडीचा लाकडी भाग पेटतो. नुसतं लाकूड घासलं तरी ते का पेटत नाही, असेही प्रश्न मुलांकडून येत होते. मी ते पुन्हा त्यांच्याकडे परतवत होतो. ‘शोधा म्हणजे सापडेल’ आणि ‘चुकले तर बिघडत नाही’ चा धोशा लावला होता.

ये मामला क्या है? नंतर आमचा मोर्चा एक कप चहा करणं आणि दहा कप चहा करणं याकडे वळला. माझ्यासाठी चहा आणून दिल्याचं निमित्त होतं. गप्पांना रंग चढत होता. उष्णता, तिचे वेगळे स्रोत (म्हणजे गॅसची शेगडी, रॉकेलचा स्टोव्ह, स्पिरीटचा दिवा, चूल इ.), तापमान आणि लागणारा वेळ यांचा संबंध हळूहळू उलगडत चालला होता. एकट्यानं चहा

प्यायला संकोच वाटत होता. चहा गार झाल्यावर त्यात बोट बुचकळून तो गार झाल्याचं जाहीर केलं. त्याच वेळी बीकरमध्ये ठेवलेले बर्फाचे क्यूब वितळून गेल्याचं आणि बीकरच्या बाहेरील बाजूवर मात्र दंव जमा झाल्याचं आढळलं. विद्यार्थ्यांच्या नजरेला हा बदल आणून दिला. चहा गार होतोय तर बर्फ गरम. पानी का बरफ नाही होता और टंडी चाय गरम नाही होती. ये मामला आखीर क्या है? थर्मोडायनॅमिक्सचा नियम?

पुस्तक विरुद्ध प्रयोग आणि अनुभव चहा करण्यावरून अनेक प्रकारच्या इंधनांवर चर्चा झाली. काय जळतं आणि काय काय जळत नाही याचे तक्ते केले; उष्णता केवळ काही जाळल्यानेच तयार होते का आणखीही मार्ग आहेत; उष्णतेमुळे तापमान वाढतं हा एक परिणाम दिसला होताच, उष्णतेमुळे आणखी काय काय घडतं..... अशा विषयांतराच्या चर्चेत बरीच पोरं रंगली होती. वर्गात जळक्या काड्या इतस्ततः पसरल्या होत्या. दीडएक तास झाला होता. तीसपैकी दोघांतिघांचं लक्ष नीट लागत नसावं. नशीबानं कुणाला तहान-लघवी लागली नव्हती. या गोष्टी सांसर्गिक असतात. एका नंतर एक एक पोर बाहेर पडून वर्गाचा तोल अजून बिघडला नव्हता. मला हात आखडता घ्यायचं कारण नव्हतं.

पेटलेल्या मेणबत्तीवर बीकर पालथा घालून काय होते, कसे होते, केव्हा होते हे नीट पहायला सांगितले. जे काही घडतंय ते का घडत असावे यावर चर्चा घडू दिल्या. पुस्तकात मेणबत्ती विझण्याचे उत्तर येऊन गेले होते, “मेणबत्तीच्या ज्वलनासाठी प्राणवायू

मिळत नाही." प्रयोगातून उत्तरातला प्राणवायू हाती येत नव्हता. नाही म्हटलं तरी सवयीमुळं पुस्तकातली माहिती डोकावत होतीच. "ती आपण अनुभवाशिवाय मानायची नाही." हे मुलांना पटत नव्हतं. वाद विवाद सुरु झाला. विषय होता, 'पुस्तकं विरुद्ध प्रयोग आणि अनुभव' पुस्तक आणि अनुभवात फरक असला तर काय खरं मानायचं? पुस्तकात अनुभवाचेच बोल आले, तर असा प्रश्नच तयार होणार नाही. हा त्यावर काही मुलांचा तोडगा होता.

कात्रजच्या घाटात वाद चालू होण्यापूर्वी मुलांना दाखवून बीकरमध्ये थोडे पाणी उकळायला ठेवले होते आणि दुसरीकडे पाण्यात भिजवलेला टीपकागद वाळायला टांगला होता. बीकरमधलं पाणी संपलं आणि टीपकागदही वाळला तसा आधीचा वाद सोडून दिला आणि दोन्ही ठिकाणच्या पाण्याचं काय झालं, असा प्रश्न पुढ्यात टाकला. "दोन्ही ठिकाणचं पाणी वाफ होऊन उडून गेलं." उत्तर सोपं होतं. उकळणं आणि बाष्पीभवन यातला फरक ध्यानात आणून द्यावा म्हणून विचारलं, "बीकरला आपण उष्णता दिली होती. पण टीपकागद तर नुसताच टांगला होता. तरी तुमचे उत्तर एकच आहे?" थोडा वेळ मुलं बुचकळ्यात पडली. नंतर एकाने विचारलं, "सर, वॉटर इज मेडअप ऑफ हायड्रोजन अँड ऑक्सिजन इजंट इट?" इथे हायड्रोजन ऑक्सिजनचा काय संबंध, असं वाटून गेलं मला. पण गेल्या दोन अडीच तासांच्या गप्पात आडवळणानं संबंध असणाऱ्या आणि पूर्णपणे असंबद्ध गोष्टींवर देखील चर्चा झाली होतीच. विषयांतरदेखील खूप झाली होती. म्हणून मी सांगितलं की, "हो, हायड्रोजन, ऑक्सिजन यांच्या एकत्रिकरणातून पाणी होतं. किंवा हायड्रोजन जळाल्यानं पाणी तयार होतं असं मी वाचलं आहे." पोराला हरूप आला. "बीकरमधील पाण्याला उष्णता दिल्यानं त्याचं हायड्रोजन आणि ऑक्सिजनमध्ये विघटन होत असेल.

पण टीपकागदातल्या पाण्याची मात्र वाफ होऊन जात असेल." पोरं कात्रजच्या घाटात शिरतंय असं मला जाणवलं. त्याला मूळ रस्त्यावर आणणं हे माझ कामच होतं. दुरुस्त करणं सोपं होतं. "तू म्हणतोयस तसं नसून हे असं असं आहे." एवढं सांगणं पुरेसं होतं. मुलगा माझ्याकडे आशेनं पाहात होता. उत्तरावरून मी त्याला पास करणार का नापास करणार, असा भाव त्याच्या चेहऱ्यावर क्षणभर तरळला. मी ठरवलं, पास-नापासचे शैरे मारणे हे सध्या तरी आपलं काम नाही. त्याचे उत्तर हे एक गृहितक मानायला मी तयार झाले पाहिजे. असं काय मोडुं आकाश कोसळणार आहे. जंगलात वाट चुकण्यात देखील एक मजा असते. त्यासाठी थोडंसं धैर्य लागतं. ते मी एकवटलं. संशोधनाकडे आगेकूच "तू म्हणतोयस ते शक्य आहे." त्याचा चेहरा खुलला. नापासाचं भय गेलं. "आता तुझ्या मतासाठी जास्तीत जास्त आधार द्यायचा आपण प्रयत्न केला पाहिजे. हो का नाही? काय काय सांगता येईल आणि काय काय करता येईल आपल्याला? बीकरमध्ये पुन्हा पाणी उकळायला ठेवून वर झाकण घालून पाहायचे का?" मुलांचा होकार मिळाला. थोडं पाणी पुन्हा उकळायला ठेवले. एक दोन मुलांना सर्वांच्या वतीने नीट निरीक्षण करायला सांगितलं. झाकणाच्या बुडाशी पाण्याचे थेंब तयार होऊन ते पुन्हा बीकरमध्ये पडत असल्याचे निरीक्षण प्रथम सांगितले गेले. पहिल्या मुलाने स्पष्टीकरण दिले, "सर, बीकरवर झाकण घातल्याने आत तयार झालेले हायड्रोजन आणि ऑक्सिजन वायू थोडे थंड झाल्यावर एकत्र येऊन त्यांचं पुन्हा पाणी तयार झालं असेल." मूळ गृहितकाशी हे स्पष्टीकरण अत्यंत सुसंगत असल्याचं सर्तीफिकेट दिलं. त्या मुलाच्या बाजूने आणखी काही जणांचा फौजफाटा गोळा झाला. वर्गात उत्साहाचं वारं संचारलं. एकानं आणखी एक निरीक्षण नोंदवून त्याचंही स्पष्टीकरण दिलं. "सर,

आणखी एक मजा लक्षात आली का? जेवढ्या पाण्याचं विघटन झालं, तेवढंच पाणी पुन्हा तयार होणार." प्रयोग-निरीक्षण यातून दिसणाऱ्या घटनांच्या स्पष्टीकरणासाठी आपण एक थियरी रचतो आहोत असा भाव काही मुलांच्या चेहऱ्यांवर ठळकपणे दिसत होता. सुरवातीला पोरं चा ब्रात्यपणा नसेलच असं नाही म्हणता यायचं. तरीही घाईघाई त्यांना माझ्या वळणावर आणलं नाही. याचं मला समाधान वाटू लागलं. तसं जर मी केलं असतं, तर मुलांतील ही स्पष्टीकरण देण्याची अहमहमिका प्रगटलीच नसती. कार्यकारणभाव देण्याच्या मुलांच्या क्षमतेचं मनापासून कौतुक केलं आणि आणखी थोडं पुढे जाण्यासाठी एक प्रश्न पुढ्यात टाकला. "आतापर्यंतच्या प्रयोग आणि निरीक्षणांवरून तुमचे म्हणणे योग्य असण्याची शक्यता जास्तच वाटते आहे. परंतु एकदम खात्री करून घ्यायचा एक मार्ग मला दिसतोय. बीकरमधील या दोन वायूंच्या गुणधर्मांचा वापर करून काही चाचणी घेता आली तर बहार येईल. चाचण्या काय फक्त अँटमबाँबच्याच घ्यायच्या असतात का काय? आठवतायत का, हायड्रोजन आणि ऑक्सिजनचे काही गुणधर्म? पुस्तकं पाहायलाही आपल्याला काहीच हरकत नाही, बरं का." बरीच चर्चा झाली, पुस्तकांची पानं फडफडली. शेवटी "हायड्रोजन वायूचा जळताना स्फोट होतो" तर "ऑक्सिजन ज्वलनाला मदत करतो," यावरून चाचणी घ्यायची ठरलं. काडेपेटी, लायटर सारा जामानिमा मदतीला होताच. एखादवेळी स्फोट झाला तर बीकर फुटेल, काचा लागतील अशी भीती मुलांना वाटत होती. तरी मनाचा हिथ्या केल्याचं नाटक करत बीकरचे झाकण उघडून आत जळती काडी धरली. थोडावेळ जळत होती. नंतर बोटापर्यंत आली म्हणून आत टाकली. स्फोटाचा मागमूस नाही. प्रश्न काही सुटला नाही. वायू सगळे निसटून गेले असतील असं वाटलं

मुलांना. झाकण घालून बीकरमध्ये पाणी पुन्हा एकदा उकळायला ठेवले. जळत्या काडीचा प्रयोग पुन्हा केला. तुलनेसाठी बाहेरसुद्धा एक जळती काडी धरली. निरीक्षणांवरून काय निष्कर्ष काढायचा? पेच पडला. पुस्तकात वाचलेले या वायूचे गुणधर्म कशावरून बरोबर असतील अशीही शंका एकानं काढली. खातरजमा करायची तर वायू तयार करून त्यांचे गुणधर्म तपासणे हाच उपाय होता. आयत्यावेळी ते अशक्य. म्हणून पुस्तकातील माहिती योग्य मानायचं सध्या ठरविलं. "सर, हायड्रोजन हा अगदी हलका वायू असतो, असं पुस्तकात दिलंय. तसं असेल तर तो लगेच बीकरमधून निघून जात असेल. ऑक्सिजनचं प्रमाण देखील कमी होत असेल. म्हणून दोन्ही वायू बीकरमध्ये असल्याचं या चाचण्यांवरून दिसत नसेल." माझ्यापेक्षा मुलं च जास्त बोलत होती. ते माझ्याही दृष्टीने बरेच होते. तीन तीन तास लेक्चर देण्याची मला तरी कुठं सवय आणि हौस आहे. शिवाय, तसं लेक्चर झोडून विज्ञान शिक्षण होईल असं मला वाटत नाही. आणखी एका मुलानं सांगितलं, "सर, तुम्ही नीट पाहिलं का, बीकरमध्ये पाण्याची वाफ पण दिसत होती. दमट हवेत हायड्रोजन असला तरी त्याचा स्फोट होईलच कसा?"

अपयश ही यशाची पहिली पायरी मुलांनी सांगितलेल्या अडचणी योग्यच होत्या. जर नेमका प्रयोग करायचा तर या अडचणींवर तोडगा काढणारी रचना केली पाहिजे. याबाबत मुलांचे एकमत झाले होते. तीन तास केव्हाच होऊन गेले होते. दुसऱ्या दिवशी आम्हाला भेटायचे होतेच. शंकेला वाव राहाणार नाही अशा पद्धतीने प्रयोगाची आखणी करून यायला सांगून दिवस संपविला. दुसऱ्या दिवशी आखणी केलेले दोन तीन प्रयोग हाती आले. त्यांची वैशिष्ट्यं आणि त्रुटी यावर चर्चा झाली. एक प्रयोग सरस वाटला. तो प्रत्यक्ष करून पाहायला हाताशी साधन-सामग्री जमविता आली नाही. म्हणून नंतर केव्हा तरी शिक्षकांनी तो

प्रयोग करून दाखवावा अशी विनंती करायचे ठरले. दोन दिवसात काय काय हाती लागले, याची एकदा उजळणी केली. शिवाय, विविध इयत्तांच्या पुस्तकांतील उष्णतेसंबंधी प्रश्न मुलांना विचारले. पुस्तकात नसलेले प्रश्नही विचारले. उदाहरणार्थ, फुलका का फुगतो किंवा भाकरी का फुगते, तापल्या तेलात मोहरी का तडतडते, तेलात लाटलेली पुरी टाकून तेल तापवू लागल्यावर प्रथम खाली असलेली पुरी वर का तरंगते, तिच्या घनतेत का फरक पडतो.... इ. त्याची उत्तरं द्यायला आता मजा येत होती. मुलं एकमेकांना दुरुस्त करत होती.

छोटासा खडू मिळेल का, खडू? अशा कार्यशाळा इतर काही ठिकाणी घेतल्या. मुलांच्या आणि माझ्या मूडप्रमाणे मांडणीत बदल होत होते. जास्त करून मुलांनीच बोलायचे असल्याने मी एकट्याने कार्यशाळेला वळण देणे अशक्य होते. काही ठिकाणी अशी कार्यशाळा सपशेल फसली देखील. काही ठिकाणी शिक्षक सोबतीला होते. त्यांच्याशी नंतर चर्चा झाली. त्यांचा साधारण सूर जरासा वेगळा होता. शिकविण्याच्या या प्रकारात छोट्या छोट्या गोष्टींसाठी खूप वेळ लागतो. असे शिकवायचे झाले तर अभ्यासक्रम कसा पूर्ण होईल? परीक्षा तर असतातच, त्यात मुलांना यश मिळणे आवश्यक आहे. असं शिकवणं मुलांना आवडेलही. परंतु ते नेहमी जमणं अवघड आहे. दुसरी गोष्ट म्हणजे मुलं काहीही विचारतील, कुठंही विषयांतर करतील, आम्हाला अशा अनपेक्षित गोष्टींना तोंड देता देता नाकी नऊ येतील. एक ना दोन, अनेक मुद्दे शिक्षक मांडत होते. त्यात तथ्यही होतेच. या शिवाय, त्यांनी न सांगितलेली पण मला माहित असणारी एक गोष्ट होती. मी पाहुणा म्हणून शाळेत जातो. आधी ओळख करून देताना भाभा अणुसंशोधन केंद्रात केलेल्या नोकरीचा उल्लेख कधी होतो. नाही झाला, तरी फुलांचा गुच्छ वगैरे देऊन स्वागत केले जाते. या साऱ्या प्रकारामुळे माझे

स्थान जरा विशेष बनते. त्याचाही मला फायदा होत असणार. असा फायदा बाकी शिक्षकांना कुठे मिळतो? एकंदरीत सारासार विचार करून मी शिक्षकांना अलिकडं असं सांगतो, "तुम्हाला असं वेगळ्या प्रकारानं शिकवायला आवडलं तर आयुष्यात एकदा किंवा वर्षात एकदा वेगळ्या तऱ्हेने शिकवून पाहा. रोज रोज नको. एकदम संगणकाची कशाला स्वप्न पाहायची? साध्या खडूच्या तुकड्याची अपेक्षा ठेवूया. तो हाती आला आणि इच्छा असेल तर मुलांच्या साक्षीने शिक्षणाची मुळाक्षरं नव्यानं फळ्यावर लिहिता येतील. ते ही काही कमी महत्त्वाचे नाही."



कै. गो. नी. दांडेकरांच्या स्मृतिप्रित्यर्थ ठेवलेला 'मृष्मयी पुरस्कार' नुकताच श्रीमती आशा बगे यांच्या 'सेतू' या कथासंग्रहाला मिळाला.

ऑगस्ट महिन्याच्या कार्यक्रमासाठी डॉ. समीर कुलकर्णी या पुस्तकाबद्दल आपल्याशी बोलायला येणार आहेत. पालकनीतीच्या दिवाळी अंकांतील कथा, लेख यामधून ते आपल्याला परिचित आहेत.

माहितीघरातील चर्चा
रविवार, दि. २७ ऑगस्ट २०००,
वेळ- दुपारी ३ ते ५.
पत्ता: नीलिमा सहस्त्रबुद्धे, अनुप्रीता 'अ',
लेन नं. ९, डहाणूकर कॉलनी, कोथरूड,
पुणे- ४११०२९. ☎-५४६९८५९.