

विद्यार्थ्यांच्या विज्ञानाविषयी उत्स्फूर्त कल्पना

एक संशोधन अहवाल

(डीलिप्स)

जयश्री रामदास, सुग्रा चुनावाला, चित्रा नटराजन, स्वप्ना आपटे



होमी भाभा विज्ञान शिक्षण केंद्र

टाटा मूलभूत संशोधन संस्था

वि. ना. पुरव मार्ग, मानखुर्द, मुंबई - ४०० ०८८.

प्रथम आवृत्ती : ऑक्टोबर, १९९६

©

होमी भाभा विज्ञान शिक्षण केंद्र,
टाटा इन्स्टिट्यूट ऑफ फंडामेंटल रिसर्च,
वि. ना. पुरव मार्ग, मानखुर्द, मुंबई - ४०० ०८८

प्रकाशक :

होमी भाभा विज्ञान शिक्षण केंद्र,
टाटा इन्स्टिट्यूट ऑफ फंडामेंटल रिसर्च,
वि. ना. पुरव मार्ग, मानखुर्द, मुंबई - ४०० ०८८

मुखपृष्ठ :

फ्यूचर (युनिसेफ), अंक ११-१२, १९८४.

मांडणी आणि मुद्रणप्रत :

आनंद घैसास, रवींद्र पटवर्धन, मेधा मस्तकार

मुद्रक :

अमीत ऑफसेट
१६, हनुमान इंडस्ट्रियल इस्टेट
वडाळा, मुंबई - ४०० ०३१

अनुक्रमणिका

ऋणनिर्देश

वैज्ञानिक विद्यार्थी !	१
उत्स्फूर्त कल्पना	१
प्रकल्पाविषयी	२
सजीव व निर्जीव	३
सजीव : संकल्पना	६
सजीवांबद्दलच्या आवडी - नावडी	८
अध्यापन दिशा	१०
परिसर आणि विज्ञान	११
रचनेतील बारकावे	१४
शिक्षकांनी काय करावे ?	१५
विज्ञान शिक्षणात प्रयोगाचे स्थान	१६
प्रयोग आणि प्रश्न	१७
पूर्वज्ञानाचे महत्त्व	१९
संदर्भ	२०

ऋणनिर्देश

महाराष्ट्र राज्य आदिवासी कल्याण विभागाच्या पेण प्रकल्पामधील दोन शाळा आणि चिल्ड्रन्स एड सोसायटीची मानखुर्द येथील शाळा अशा तीन शाळांमध्ये केलेल्या सखोल अभ्यासाचा हा संक्षिप्त अहवाल आहे. आदिवासी कल्याण विभागाचे माजी अतिरिक्त आयुक्त श्री. कृ. स. वत्स, उप-आयुक्त श्री. देशमुख आणि पेण प्रकल्प अधिकारी श्री. दरेकर यांचे या कामी अत्यंत मोलाचे सहकार्य आम्हास मिळाले. चिल्ड्रन्स एड सोसायटीच्या शाळेचे मुख्याध्यापक श्री. चोडणकर यांच्याबरोबरच सुजाता कानेटकर, आशा सपकाळ, आरती आजगांवकर, भारती सारंग तसेच वरसई आश्रम शाळेचे मुख्याध्यापक श्री. प्णुटील, बोरगाव आश्रम शाळेचे मुख्याध्यापक श्री. भंडारी व त्यांचे शिक्षकवर्ग यांचेही मनःपूर्वक सहकार्य आम्हाला मिळाले. अधिकारी, शाळांमधील शिक्षक आणि विद्यार्थी यांच्या सहकार्याशिवाय हा अभ्यास हाती घेणे अशक्यच होते. या सर्वांच्या सहकार्याबद्दल आम्ही त्यांचे ऋणी आहोत.

अकादिया विद्यापीठ ऑनटेरिओ कॅनडाचे जेफ्री ब्लूम ह्यांच्या मार्गदर्शनानुसार आम्ही विद्यार्थ्यांकडून संदर्भ नकाशे काढून घेतले. या योजनेत अनिता खरात, स्नेहा नार्वेकर, शीला मिश्रा, जयमंगल उद्यावर, अमृता पाटील आणि योगिता परब ह्यांचाही सहभाग होता. आम्ही त्यांचे मनापासून आभारी आहोत. अरूण खरात आणि आणि विदुला रमाबाई तसेच डॉ. ब. स. महाजन, सविता लाडगे आणि संगीता माहुरकर यांनी शाळेतील विद्यार्थ्यांना भेटी देऊन त्यांच्याशी संवाद साधला. डॉ. सुब्रमण्यम् आणि गा. नागार्जुना यांनी चर्चासत्र घेऊन आमच्या विचारांना चालना दिली. व्यं. गो. गंभीर यांनी मराठी अहवालात उपयुक्त सूचना केल्या.

आमच्या ग्रामीण भागातील भेटी देण्यामध्ये वाहनचालक अरविंद जोशी, रविंद्र मोरे व के. बा. कदम यांच्या सहकार्यामुळे आम्ही निश्चिंत होतो. केंद्राच्या व्यवस्थापनाकडूनही आम्हाला या योजनेसाठी बरीच मदत मिळाली. निवृत्ती थिगळे, गजानन मेस्त्री यांनी चक्रमुद्रण आणि प्रतिरूपमुद्रणाचे काम पार पाडले. मेधा मस्तकार यांनी टंकलेखनाचे तर आनंद घैसास आणि रवींद्र पटवर्धन यांनी सजावट व मांडणीचे काम केले. आम्ही त्यांचे आभारी आहोत. आमच्या केंद्राचे डॉ. हे. चिं. प्रधान आणि संचालक डॉ. अरविंद कुमार यांनी दाखवलेल्या प्रोत्साहनासाठी आम्ही त्यांचे आभारी आहोत.

स्वप्ना आपटे, सुग्रा चुनावाला
चित्रा नटराजन, जयश्री रामदास

वैज्ञानिक विद्यार्थी !

लहानपणापासून मुले आपल्या सभोवतालच्या परिसराचे निरीक्षण करित असतात व त्या निरीक्षणांमध्ये काही सुसूत्रता शोधण्याचा प्रयत्न करतात. काही ठिकाणी त्यांना नियमबद्धता दिसते, काही घटनांमध्ये कार्यकारणभाव लक्षात येतात. स्वतःचे अनुभव व निरीक्षण यांच्या आधारे मुले स्वतःच काही निष्कर्ष काढतात.

परिसराचे ज्ञान मिळविण्याची ही सर्व प्रक्रिया स्वाभाविकपणे चालू असते. थोडक्यात, प्रत्येक मुला - मुलीच्या मनात एक वैज्ञानिक दडलेला असतो, असे म्हणणे वावगे ठरणार नाही.

उत्स्फूर्त कल्पना

मात्र, मुलांनी केलेल्या विश्लेषणातून निघालेले निष्कर्ष चुकीचेही असू शकतात. उदाहरणार्थ, घनतेचा संबोध माहीत नसताना, अपुऱ्या अनुभवांद्वारे मुले असे समजतात की हलक्या वस्तु पाण्यात तरंगतात, तर जड वस्तू बुडतात. पुष्कळदा मुलांच्या कल्पना चुकीच्या नसतात, पण तरीही त्यांची विचारपद्धती पाठ्यपुस्तकातील विज्ञानाहून वेगळी असते.

दैनंदिन अनुभवातून निर्माण होणाऱ्या अशा उत्स्फूर्त कल्पनांना इंग्रजीमध्ये spontaneous conceptions असे म्हणतात. भारतात व आंतरराष्ट्रीय स्तरावर केलेल्या अनेक संशोधन प्रकल्पांवरून असे लक्षात आले आहे की या उत्स्फूर्त कल्पना कमालीच्या टिकाऊ (persistent) असतात. पुस्तकी ज्ञानाचा लेप चढला तरी खोलवर रूजलेल्या या उत्स्फूर्त कल्पनांना धक्का पोहोचत नाही.

कल्पनांच्या या सातत्या मागचे कारण काय असावे ? विज्ञानातील वरवर सोप्या वाटणाऱ्या बऱ्याच संकल्पना विद्यार्थ्यांना कळत नाही, यामागे कोणते रहस्य असावे ? एक गोष्ट स्पष्ट आहे की, मुलांच्या या कल्पना म्हणजे केवळ अचूक उत्तर कळल्याने सहज दूर होतील असे सरळ साधे गैरसमज निश्चितच नसतात. या कल्पनांच्या मागे विस्तृत अनुभव

असतात. सामाजिक, सांस्कृतिक व बोधीय घटकांचा बनलेला विद्यार्थ्यांचा स्वतःचा जगाकडे बघण्याचा असा एक दृष्टिकोन असतो. हा दृष्टिकोन परिसराप्रमाणे बदलूही शकतो. शिक्षक या नात्याने आपल्याला विद्यार्थ्यांच्या विचार करण्याच्या पद्धती समजावून घेणे आवश्यक आहे. डीलिप्स संशोधन प्रकल्पाचा नेमका हाच उद्देश होता.

प्रकल्पाविषयी

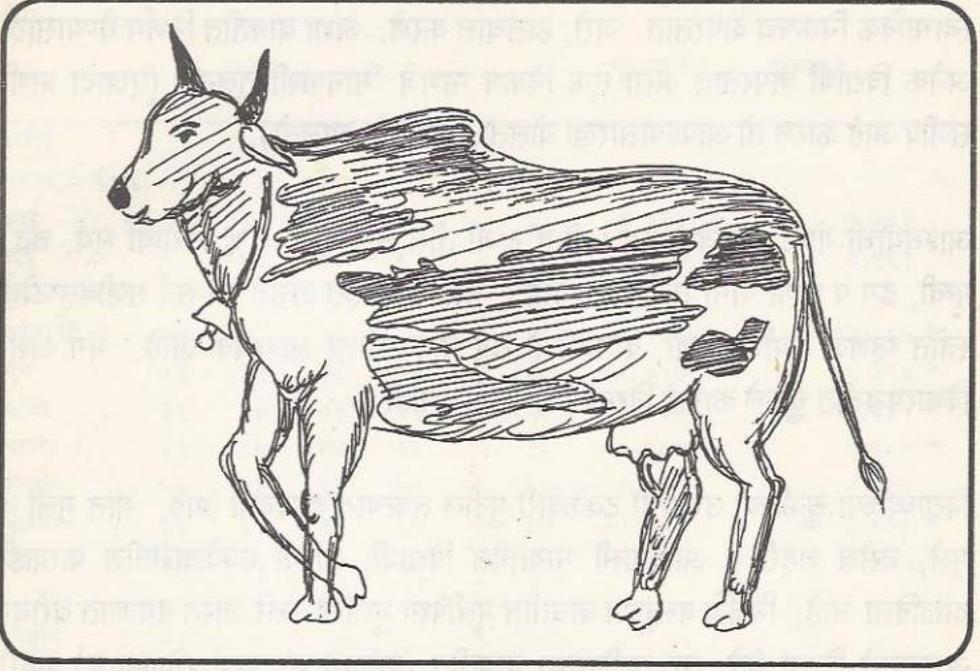
Diagnosing Learning in Primary Science (DLIPS) (डीलिप्स) हा संशोधन प्रकल्प १९९३ ते ९५ या कालावधीत एकूण तीन शाळांमध्ये कार्यरत होता. यातील एक शाळा मुंबई शहरातील चिल्ड्रन्स एंड सोसायटीने चालवलेली आहे. दुसऱ्या दोन शाळा रायगड जिल्ह्यात पेण जवळ बोरगाव व वरसई या ग्रामीण भागात महाराष्ट्र राज्य आदिवासी विकास विभागाने चालविलेल्या आश्रमशाळा आहेत. या शाळांमधील इयत्ता ५ वी व ६ वी चे सर्व विद्यार्थी व शिक्षक प्रकल्पात सहभागी होते.

होमी भाभा विज्ञान शिक्षण केंद्रातील संशोधक नियमितपणे या वर्गांना भेटी देत. मुलांना बोलके करण्यासाठी विषयाला अनुसरून चर्चा, खेळ, कृती, चित्रकला, तसेच मुलाखती व लेखी प्रश्नावली अशा विविध माध्यमांचे उपयोजन करित. अशा तऱ्हेने गोळा करण्यात आलेल्या माहितीचे सूक्ष्म रीतीने, पुष्कळदा संगणकाच्या सहाय्याने, विश्लेषण केले गेले. जून १९९६ मध्ये या विश्लेषणावर आधारित पुढील तीन अहवाल सादर करण्यात आले :

- (१) सजीव-निर्जीवांविषयी विद्यार्थ्यांच्या कल्पना (DLIPS भाग १)
- (२) वनस्पतीविषयक विद्यार्थ्यांच्या कल्पना (DLIPS भाग २)
- (३) विज्ञान शिक्षणातील प्रयोगांचे स्थान (DLIPS भाग ३)

या अहवालांमध्ये विस्तृतपणे लिहिलेले संशोधनाचे अनुभव व निष्कर्ष येथे थोडक्यात देत आहोत.

सजीव व निर्जीव



आकृती १: गाय: नरेश सुरते, इयत्ता ५ वी, चिल्ड्रन्स एड सोसायटी, मानखुर्द.

इयत्ता ३ री ते ५ वी च्या अभ्यासक्रमात शिकविला जाणारा हा संबोध वर-वर खूपच सोपा वाटतो, पण विद्यार्थ्यांच्या कल्पनांचा अभ्यास केल्यावर लक्षात आले की येथेही काही अडचणी आहेत. 'सजीव' व 'निर्जीव' या दोन्हीही अमूर्त कल्पना आहेत. समोर दिसणारी वस्तू सजीव आहे का, हे ठरविण्यासाठी आपण काही साधे, सोपे निकष वापरतो. सामान्यतः ती वस्तू हालचाल करते का ? इतर सजीवांशी तिचे काही साम्य आहे का ? यावरून ती सजीव असावी की निर्जीव हे आपण ठरवतो. सर्वच ठिकाणी हे निकष पडताळून पाहणे शक्य नसते. अशा वेळेस सजीवांबद्दलच्या पूर्वाभवांवरून आपण निष्कर्ष काढण्याचा प्रयत्न करतो.

अशा या स्वाभाविक विचार पद्धतीला इयत्ता पाचवीच्या अभ्यासक्रमात एक विशिष्ट बैठक देण्यात आली आहे. सजीवांची चार महत्त्वाची लक्षणे (श्वासोच्छ्वास, वाढ, प्रजनन,

चेतनाक्षमता) येथे सांगण्यात आली आहेत. मात्र आम्हाला असे दिसले की हा पाठ शिकवून झाल्यावरही विद्यार्थी एखादी गोष्ट सजीव का निर्जीव ठरविण्यासाठी आपले स्वाभाविक निकषच वापरतात. जसे, हालचाल करणे. अशा बाबतीत निर्णय घेण्यासाठी अनेक विद्यार्थी वापरतात असा एक निकष म्हणजे 'मानवाशी तुलना' (एखादा प्राणी सजीव आहे कारण तो आपल्यासारखा बोलतो, ओरडतो, चालतो).

आश्चर्याची गोष्ट म्हणजे इयत्ता ५वी व ६ वी तील साधारण २०% विद्यार्थी सूर्य, चंद्र, पृथ्वी, ढग व पाणी यांना सजीव समजतात. त्यांना माहित असते की सर्व सजीवसृष्टीचे स्रोत म्हणजे सूर्याची ऊर्जा, व पाणी हे सर्व जीवसृष्टीला आवश्यक आहे. मग अशा विचारपद्धतीत चुकले काय हे विद्यार्थ्यांना समजत नाही.

विद्यार्थ्यांच्या चुकीच्या उत्तरांची टक्केवारी पुढील तक्त्यात दाखवली आहे. यात मुली व मुले, तसेच शहरी व आदिवासी भागांतील विद्यार्थी, यांच्या टक्केवारीतील फरकही दाखविला आहे. निर्जीव वस्तूंच्या बाबतीत मुलीपेक्षा मुलांची उत्तरे जास्त प्रमाणात बरोबर असल्याचे दिसून येते, तर सजीवांच्या बाबतीत (कांदाचे उदाहरण सोडल्यास) शहरी विद्यार्थ्यांपेक्षा आदिवासी शाळेतील विद्यार्थ्यांची उत्तरे जास्त प्रमाणात बरोबर दिसून येतात.

तक्ता - १

	मुली १०७ %	मुले १९५ %	शहरी २०३ %	आदिवासी ९९ %	एकूण ३०२ %	फरक मुली-मुले Z मूल्यांकन	फरक शहरी-आदिवासी Z मूल्यांकन
सजीव							
चुका <= १०%							
झाड	०	१	१	०	०	-१.४०३	१.४३२
जंतू	९	१०	१०	८	१०	-०.२८५	०.५९१
चुका > १०%							
आंब्याची बी	१७	९	२२	१०	१८	-०.४३६	२.८६५ *
मूग	३६	३९	४८	१८	३८	-०.५१७	५.७५२ *
कांदा	३९	३०	४३	९१	५७	१.५६७	-१०.६४१ *
बटाटा	३९	३५	४७	१५	३६	०.६८७	६.३८१ *
शेवाळे	५४	५६	५६	५५	५५	-०.३३४	०.१६४
बुरशी	६६	६९	७५	५५	६७	-०.५३१	३.४१८ *
अडे	६८	७०	७४	६१	७०	-०.३५९	२.२४६ *
निर्जीव							
चुका <= १०%							
विमान	७	३	३	६	४	१.४५३	-१.१२३
डोंगर	६	६	५	७	६	-	-०.६७०
माती	१३	६	७	११	८	१.९०८	-१.१०५
नदी	१४	६	१०	७	९	२.१२७	* ०.९०४
चुका > १०%							
पाऊस / समुद्र	२१	१५	१४	२५	१७	१.२७८	-२.२०६ *
ढग	२३	१४	२०	१२	१७	१.८८८	१.८५८
पाणी	२६	११	१५	१९	१६	३.१२८	* -०.८५६
चंद्र	३२	१८	२६	१८	२३	२.६५०	* १.६२०
मुगाची डाळ	३४	४०	३७	४०	३८	-१.०४०	-०.५०२
पृथ्वी	४२	१९	३१	१९	२७	४.१५४	* २.३५० *
सूर्य	४३	२१	३०	२६	२८	३.९२५	* ०.७३३

* = सार्थकता स्तर ०.०५

सजीव : संकल्पना

‘स-जीव’ म्हणजे ज्यात ‘जीव’ आहे, व ‘निर्-जीव’ म्हणजे ज्यात ‘जीव’ नाही हा सामान्यतः विद्यार्थ्यांनी मनाशी लावलेला अर्थ. मात्र यावरून विद्यार्थ्यांची समजूत होते की ‘जीव’ हा सजीवाच्या शरीरात असणारा एखादा स्वतंत्र भाग किंवा वेगळी वस्तूच ! रोजच्या बोली भाषेतील इतर काही शब्दप्रयोगांमुळे, (जसे, ‘प्राणज्योत’, ‘जीवनज्योत’, ‘जीव घेणे’,) ही कल्पना अधिकच दृढ होते. ‘जीवनसत्त्व’ हा शब्दही काही विद्यार्थी ‘जीवन निर्माण करणारा पदार्थ’ अशा अर्थाने वापरतात. एकेका उदाहरणाची चर्चा करताना, ‘सजीव’ की ‘निर्जीव’ हा निर्णय कशाच्या आधारे घेतला, याची चांचणी घेतल्यावर पुष्कळ विद्यार्थी सहज उत्तर देत : ‘कारण की त्याच्यात जीव आहे (किंवा नाही)’.

‘जीव’ हा संबोध वापरून विद्यार्थी ‘सजीव’ व ‘निर्जीव’ या अमूर्त संकल्पनांना मूर्तता देण्याचा प्रयत्न करतात. त्यांच्या कल्पनेतला ‘जीव’ हा वस्तूच्या आत किंवा बाहेरही जाऊ शकतो. मागील पानावरील तक्त्यावरून आपण पाहिले की आंब्याची कोय, मटकीचा दाणा, कांदा, बटाटा, अंडे, यांना पुष्कळ विद्यार्थी निर्जीव समजतात. मग अशा वस्तूंपासून नवीन सजीव कसा काय निर्माण होत असेल ? विद्यार्थ्यांना हा प्रश्न विचारल्यावर त्यांनी उत्तर दिले, ओल्या मातीतून पाणी मिळाले (किंवा ‘कस’ मिळाला) तर ती बी पुनः सजीव बनते ! केवळ विद्यार्थ्यांमध्येच नाही, तर अनेक शिक्षकांमध्येही ही उत्स्फूर्त, परंतु चुकीची, कल्पना आढळून आली. पुढील तक्त्यामध्ये भाताच्या बी विषयी विचारलेल्या प्रश्नांच्या उत्तरांवरून हे स्पष्ट होते. (तक्ता - १ मध्ये चुकीच्या उत्तरांची टक्केवारी दिली आहे, तर तक्ता - २ मधील टक्केवारी बरोबर उत्तरांची आहे.)

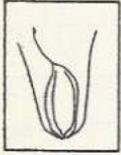
तक्ता - २

	मुली	मुले	आदिवासी	शहरी	एकूण	फरक	फरक
वि. संख्या	६०	१००	९९	६१	१६०	मुली-मुले	आदिवासी-शहरी
उ. संख्या	३३७	५५२	५८४	३०५	८८९	Z	Z
	%	%	%	%	%	मूल्यांकन	मूल्यांकन

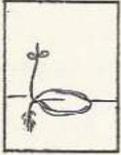
सजीव



८६	९९	९२	१००	९५	-२.६१९*	-२.९१९*
----	----	----	-----	----	---------	---------



५१	५९	४६	७८	५६	-०.९२९	-४.११९*
----	----	----	----	----	--------	---------



८८	९५	९४	८९	९२	-१.३८२	०.९८६
----	----	----	----	----	--------	-------

निर्जीव



९२	९२	९७	८०	९२	-	२.८४८*
----	----	----	----	----	---	--------



५३	७७	८५	३०	६१	-२.९२६*	७.३५८*
----	----	----	----	----	---------	--------

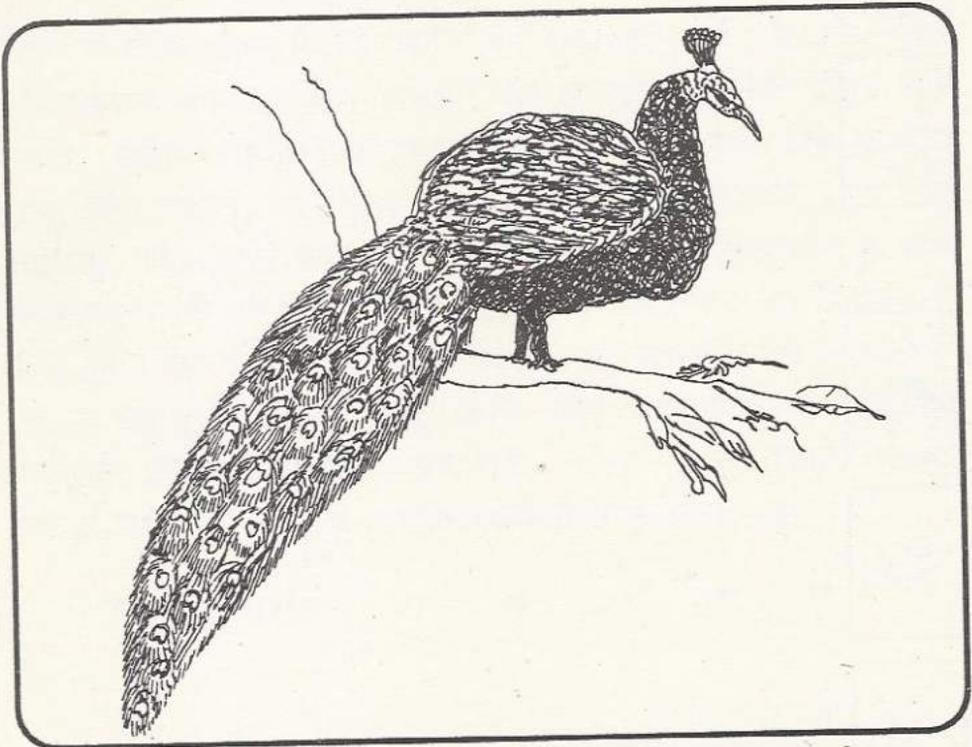


८८	९१	९६	७६	९०	-०.५५५	३.११८*
----	----	----	----	----	--------	--------

* = सार्थकता स्तर ०.०५

तक्ता - २ मधील टक्केवारीवरूनं लक्षात येते की रोपावरील लोंबीमधील दाणा व मातीत पेरलेला भाताचा दाणा सजीव असल्याची कल्पना १००% नाही, तरी बहुतांश विद्यार्थ्यांना असतेच. तसेच भाताचा कोंडा आणि शिजवलेला भात निर्जीव आहे हेही त्यांना माहित असते. पण लोंबीतून दाणा वेगळा केला की मात्र तो निर्जीव असतो असे पुष्कळजण समजतात. हा दाणा मातीत टाकल्यावर परत सजीव होतो असे त्यांना वाटते. मात्र यापैकी काही (विशेषतः शहरी) विद्यार्थी, पॉलिश केलेल्या तांदळाच्या दाण्याला सजीव समजतात, व त्यासाठी कारण सांगतात की तांदळाच्या दाण्याला शिजण्यासाठी पाण्याची जरूर आहे, किंवा त्यापासून आपल्याला अन्न मिळते. अर्थात 'सजीव' ही संकल्पना अजूनही त्यांच्या मनात स्पष्ट झालेली नाही.

सजीवांबद्दलच्या आवडी - नावडी



आकृती २ : मोर : मधुकर बारकू पवार, शासकीय आश्रमशाळा, वरसई

विषयाबद्दलची आवड ही शिक्षणप्रक्रियेतील महत्त्वाची बाब आहे. जीवशास्त्रात आपण सजीवांचा अभ्यास करतो. या सजीवांकडे विद्यार्थी कोणत्या दृष्टीने पाहतात ? कोणत्या सजीवांचा अभ्यास करण्यात त्यांना रुची वाटेल ?

एकूण सर्व विद्यार्थ्यांत सस्तन प्राणी व पक्षी यांची जास्त आवड दिसून आली, पण सरपटणारे प्राणी व बहुतांश कीटक त्यांच्या दृष्टीने नावडते होते. आवडत्या प्राण्यांमध्ये अनुक्रमाने, गाय, पोपट, फुलपाखरू, मोर, ससा, कुत्रा, मांजर, हत्ती व गाढव यांचा समावेश होता, तर नावडत्या प्राण्यात अनुक्रमाने, माशी, गिधाड, पाल, साप, कोल्हा, वाघ, माकड व गांडूळ होते. या आवडी - नावडींमध्ये आदिवासी व शहरी विद्यार्थ्यांमध्ये, तसेच मुलामुलीमध्ये, पुष्कळ फरक आढळून आले. एकूण आदिवासी विद्यार्थ्यांमध्ये वनस्पती, विशेषतः उंच वृक्षांची आवड जास्त दिसून आली. हिंस्त्र पशु, जसे, वाघ, सिंह, हत्ती, शहरी विद्यार्थ्यांनी आवडीचे सांगितले, तर आदिवासी विद्यार्थ्यांनी नावडीचे सांगितले.

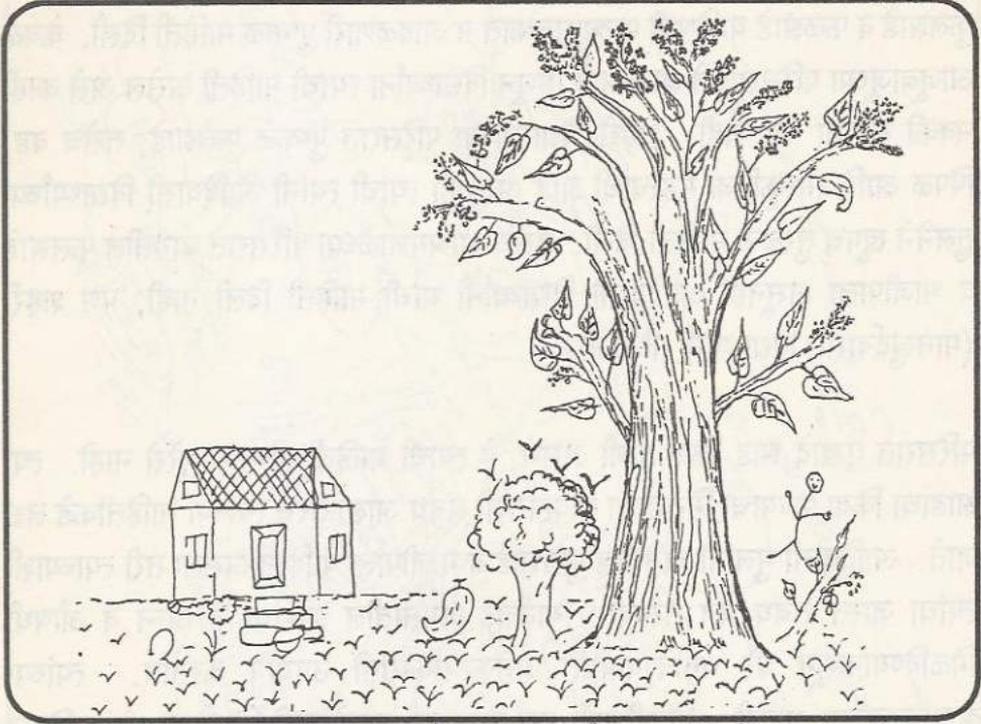
एखादा सजीव आवडतो किंवा आवडत नाही, हे कोणत्या आधारावर विद्यार्थी ठरवीत असतील ? मानवजातीशी त्या प्राण्याचा संबंध हा एक मुख्य निकष विद्यार्थ्यांनी वापरलेला दिसला. तो प्राणी आपल्याला उपयोगी आहे का उपद्रवी ? खेळकर आहे का आक्रमक ? हे सर्व विद्यार्थ्यांच्या, आणि विशेषकरून आदिवासी विद्यार्थ्यांच्या, दृष्टीने सर्वात महत्त्वाचे होते. या खालोखाल त्या प्राण्याचा रूप-रंग, स्वच्छता, व आवाज या आधारावर आवडी-नावडी ठरत. सर्वात शेवटी त्या प्राण्यांच्या इतर गुणांचा विचार केला जाई.

अध्यापन दिशा

या संशोधनातून असे लक्षात आले की विद्यार्थ्यांचे हे उपजत ज्ञान, त्यांची विचार करायची पद्धती, आणि पाठ्यपुस्तकातील माहिती यात पुष्कळ तफावत असते. या दोहोंची सांगड कशी घालावी ?

सजीवांची लक्षणे ही अमूर्त स्वरूपात व्यक्त करण्याआधी निरनिराळ्या सजीवांबद्दलचे विद्यार्थ्यांचे अनुभव एकत्रित करून त्यांची वर्गात चर्चा करणे आवश्यक आहे. ते सजीव आहेत हे विद्यार्थ्यांनी कसे ठरवले ते आधी पहावे. हालचालीचा निकष वापरला तर मोटार किंवा ट्रक सजीव नाहीत कशावरून ? असे विचारावे. अन्न (डिझेल) व पाण्याची गरज ट्रकलाही असते. अशी काहीशी संदिग्ध उदाहरणे वापरून सजीव - निर्जीवची कल्पना स्पष्ट करता येते. तक्ता - १ व २ मध्ये दिलेल्या उदाहरणांवरून विद्यार्थ्यांचा गोंधळ कोठे-कोठे होतो हे लक्षात येईलच. ही उदाहरणे वर्गात शिकविताना जरूर वापरावी. वर्गातील मुलींनीही मुलांच्या बरोबरीने अशा चर्चेत भाग घेणे अतिशय महत्त्वाचे आहे.

तसेच, विद्यार्थ्यांच्या आवडी - नावडी लक्षात घेऊन उदाहरणे निवडावी. काही प्राण्यांविषयी विद्यार्थ्यांना (विशेषतः मुलींना) अकारण किळस असते. जसे - सरडा, गांडूळ. अशा वेळेस या प्राण्यांची जास्त माहिती द्यावी. त्यांचा मानवाला कसा उपयोग होतो ते सांगावे. जसे - सरडे कीटक खातात, गांडुळे कचऱ्यापासूनही खत तयार करतात.



आकृती ३ : आंब्याचे झाड : जनार्दन बामा खंडवी,
इयत्ता ५ वी, शासकीय आश्रमशाळा, वरसई

विभिन्न परिसरात राहणाऱ्या विद्यार्थ्यांच्या अनुभवात साम्य असते, तशी विविधताही असते. मुंबई शहरातील मुले व आदिवासी आश्रमशाळातील मुले, या दोघांनाही सजीवसृष्टीबद्दल पुष्कळ अनुभव असतात. पण आदिवासी मुलांचे जीवन त्यांच्या परिसरातील प्राणी व वनस्पतींशी जसे निगडित असते, तसे शहरी मुलांचे असत नाही. साहजिकच सजीवांबद्दलचे आदिवासी मुलांचे अनुभव जास्त समृद्ध असतात. निरनिराळे वृक्ष, त्यांचे विविध उपयोग, सजीवसृष्टीतील परस्पर संबंध, यांचे आदिवासी मुलांना चांगले ज्ञान असते असे आमच्या लक्षात आले. सजीव व निर्जीव यातील फरक शहरी विद्यार्थ्यांपेक्षा आदिवासी विद्यार्थ्यांना अधिक स्पष्टपणे समजले होते. आदिवासी विद्यार्थ्यांनी वापरलेले निकषही जास्त प्रमाणात जीवशास्त्रातील संबोधांना अनुसरून होते.

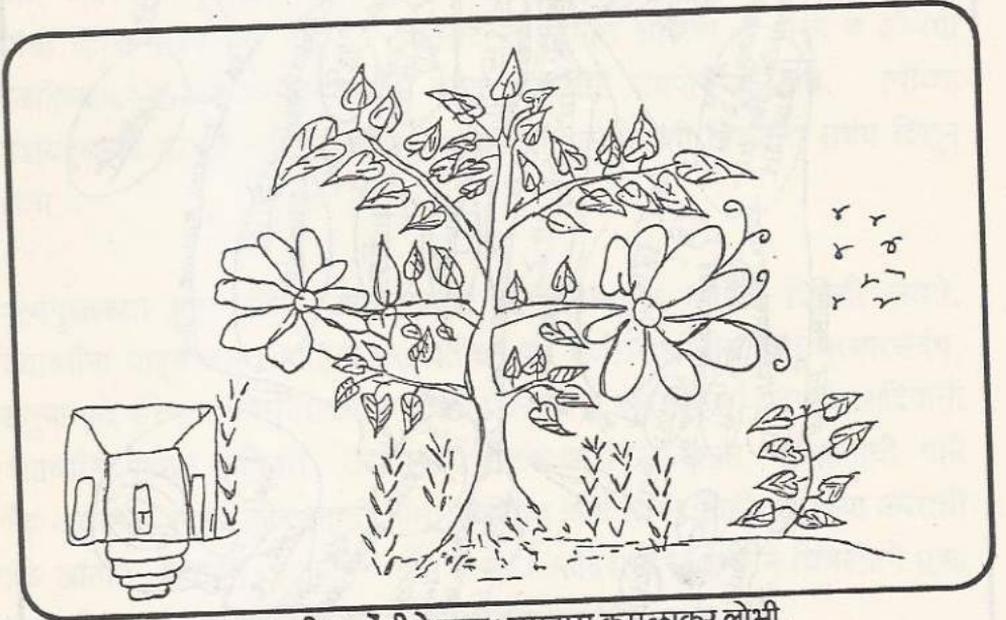
मात्र पाठ्यपुस्तकातील माहिती आणि विद्यार्थ्यांच्या, विशेषतः ग्रामीण भागातील विद्यार्थ्यांच्या, अनुभवात तफावत दिसून आली. उदाहरणार्थ, आदिवासी विद्यार्थ्यांनी फुलझाडे व फळझाडे याविषयी पाठ्यपुस्तकात न आढळणारी पुष्कळ माहिती दिली. केवळ आजूबाजूच्या परिसरात ते झाड आहे म्हणून विद्यार्थ्यांना त्याची माहिती असेल असे काही नक्की सांगता येत नाही. शहरी विद्यार्थ्यांच्या परिसरात पुष्कळ फुलझाडे, तसेच वड, पिंपळ आदि सांस्कृतिक महत्त्वाची झाडे असूनही त्यांची त्यांनी आदिवासी विद्यार्थ्यांच्या तुलनेने खूपच तुरळक माहिती दिली. तसेच आश्रमशाळेच्या परिसरात बागेतील फुलझाडे व भाजीपाला असूनही आदिवासी विद्यार्थ्यांनी यांची माहिती दिली नाही, पण शहरी (मानखुर्दवासी) विद्यार्थ्यांनी ती दिली.

परिसरात एखादे झाड किंवा प्राणी असणे, हे त्याची माहिती होण्यास पुरेसे नाही. त्या झाडाचा किंवा प्राण्याचा नित्याच्या व्यवहाराशी संबंध आला तरच त्याच्या माहितीकडे लक्ष जाते. आदिवासी मुलांनी बागेतील फुलझाडे व भाजीपाला पाहिला असला तरी त्याच्याशी त्यांचा जास्त संबंध येत नसावा. याउलट जंगलातील झाडांचा ते अन्न व औषधी मिळविण्यापासून घरे बनविण्यापर्यंत अनेक प्रकारांनी उपयोग करतात. त्यांच्या झाडांबद्दलच्या आवडी - निवडींचाही त्या झाडाच्या उपयोगाशी निकटचा संबंध दिसून आला.

पाठ्यपुस्तकात वनस्पतींच्या उपयोगाबद्दल काही प्रमाणात माहिती दिलेली असते. विद्यार्थ्यांना याहून जास्त माहिती तर होतीच, पण सजीवसृष्टीतील इतर परस्परसंबंध, ऋतुमानाचे परिणाम, निरनिराळ्या सजीवांचे एकमेकांवर अवलंबित्व याविषयी आदिवासी विद्यार्थ्यांनी पुष्कळ सांगितले. उदाहरणार्थ कीटक झाडांवर राहतात, सागवानाची पाने गोड असतात, त्यांना कीड लागते, पण लाकडाला कीड लागत नाही. बकऱ्या उंबराची फळे खातात, इत्यादी. आकृती - ४ मध्ये एका आदिवासी विद्यार्थ्याने चित्ररूपाने एका जंगलातील सजीव व निर्जीव वस्तूतील परस्परसंबंध दाखविले आहेत.

रचनेतील बारकावे

जीवशास्त्राच्या पाठ्यपुस्तकात सजीवांच्या अवयवांविषयी पुष्कळ तपशील दिलेला असतो. उदाहरणार्थ, वनस्पतींचे अवयव, व त्यांच्या रचनेतील बारकावे सांगितलेले असतात. हे सर्व आत्मसात करण्यात मात्र विद्यार्थी मागे पडलेले दिसतात. एखाद्या झाडाचा ढोबळ आकार त्यांच्या चांगला लक्षात आलेला असतो, व त्याचे चित्रांकनही ते उत्तम रीतीने करतात. पण एखाद्या फुलाचे किंवा पानाचे चित्र काढताना लागणारे बारकावे विद्यार्थी लक्षात घेत नाहीत. पानाच्या चित्रात शिरा हमखास उलट्या दिशेने काढतात. मात्र तेच पान नीट बघून मग चित्र काढावयास सांगितले तर हुबेहूब काढतात. पुढील आकृतीत विद्यार्थ्यांनी काढलेल्या भेंडीच्या चित्रात ढोबळ आकार चांगला दिसतो परंतु पानाच्या आकारातील बारकावे दृष्टीतून सुटलेले दिसतात. भेंडीची फुलेही झाडाच्या मानाने खूपच मोठी काढलेली आहेत.



आकृती ५: भेंडीचे झाड: रामदास कमळाकर लोभी,
इयत्ता ६ वी, शासकीय आश्रमशाळा, बोरगाव

शिक्षकांनी काय करावे ?

पाठ्यपुस्तकात उदाहरणादाखल दिलेल्या वनस्पतींची विद्यार्थ्यांना पुष्कळदा माहिती नसते. याउलट विद्यार्थ्यांच्या परिसरातील अनेक वनस्पतींचा पाठ्यपुस्तकात उल्लेख नसतो. अर्थात येथे शिक्षकांनी विद्यार्थ्यांशी चर्चा करून परिसरातील वनस्पतींचा संबंध पाठ्यपुस्तकातील माहितीशी जोडणे आवश्यक आहे. तसेच विद्यार्थ्यांना असलेल्या वनस्पतींच्या उपयोगांसंबंधीच्या व पर्यावरणाविषयीच्या माहितीचा अध्यापनात उपयोग करून घेणे महत्त्वाचे आहे. सजीवाच्या अवयवांचे बारकाईने निरीक्षण करण्यासाठी चित्रकलेच्या माध्यमातून विद्यार्थ्यांना उत्तेजन देता येईल.

पारंपारिक पद्धतीने, पुस्तकी माहितीवर आधारित विचारलेल्या प्रश्नांचे आदिवासी विद्यार्थ्यांना उत्तर देता आले नाही की आपण त्यांना शैक्षणिकदृष्ट्या मागासलेले ठरवतो. त्यांचे स्वतःचे, अनुभवातून मिळालेले ज्ञान अनेक दृष्टींनी समृद्ध असूनही ते या शिक्षणप्रक्रियेत दुर्लक्षित राहते. विद्यार्थ्यांजवळ असलेल्या ज्ञानाची सांगड पुस्तकी माहितीशी घालून विद्यार्थ्यांचा आत्मविश्वास वाढविणे, व अध्यापन-अध्ययन अधिक अर्थपूर्ण करणे ही शिक्षकांवर असलेली महत्त्वाची जबाबदारी आहे.

विज्ञान शिक्षणात प्रयोगाचे स्थान



आकृती ६ : प्रयोग : राजू रमेश, इयत्ता ६ वी, चिल्ड्रन्स एड सोसायटी, मानखुर्द

विज्ञान प्रयोगनिष्ठ आहे. म्हणूनच विज्ञान शिक्षणात प्रयोगाचे स्थान अनिवार्य असले पाहिजे. ते जर नसले, आणि अनेक वर्गामधून 'प्रयोग' ही केवळ एक नवलाईची गोष्ट राहत असली, तर आपल्या शिक्षण पद्धतीत नक्की काहीतरी चुकत असावे.

मानखुर्दच्या शाळेतील इयत्ता पाचवीच्या काही विद्यार्थ्यांनी आम्हाला प्रश्न विचारला, 'प्रयोग म्हणजे काय ?' यावरून लक्षात आले की जरी तिसरीपासून प्रयोगांशी थोडीफार ओळख झाली असली तरी हे प्रयोग म्हणजे नेमके असतात काय ? ते कशासाठी करतात ? याबद्दल विद्यार्थ्यांना अजून कुतूहल आहे. असे प्रश्न प्रकल्पात सहभागी असलेल्या इतर विद्यार्थ्यांना आम्ही विचारले असता त्यांच्या उत्तरांवरून कळले की 'प्रयोग = कृती' हे समीकरण सर्व विद्यार्थी बिनचूक करतात. मात्र प्रयोगांची उदाहरणे द्यायला सांगितल्यावर खेळणी बनविणे, चित्रे चिकटविणे, टीव्ही बघणे, क्रिकेट खेळणे, गलोलिने चिंचा पाडणे, अशी पुष्कळ गंमतीशीर उदाहरणे विद्यार्थ्यांनी दिली.

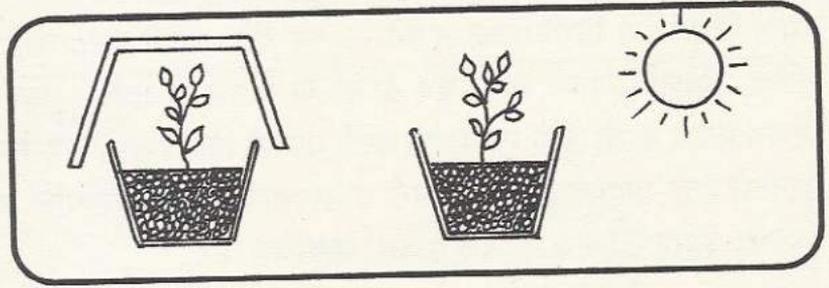
प्राथमिक शाळेच्या स्तरावर 'प्रयोग = कृती' या समीकरणात थोडेफार तथ्य आहेही. या वयात विद्यार्थ्यांना निरनिराळ्या तऱ्हेचे अनुभव देणे, त्यांनी स्वतः कृती करून अनेक तऱ्हेची कौशल्ये संपादन करून घेणे ही उद्दिष्टे महत्त्वाची आहेत. मात्र त्याचबरोबर, आपण प्रयोग करतो तेव्हा सृष्टीबद्दल काही माहिती मिळविण्याचा प्रयत्न करतो, काही प्रश्नांची उत्तरे शोधण्याचा प्रयत्न करतो हा समजही हळूहळू विद्यार्थ्यांना आला पाहिजे. विशेषतः इयत्ता पाचवी व सहावीत हे करणे आवश्यक आहे.

प्रयोग आणि प्रश्न

काही प्रश्नांची उत्तरे मिळविण्यासाठी आपण प्रयोग करतो ही जाणीव विद्यार्थ्यांमध्ये निर्माण करण्यासाठी आम्ही पुष्कळ प्रयत्न केले. यापैकी एक म्हणजे वर्गात एखादी कृती करणे, त्यावरून विद्यार्थ्यांनी प्रश्न उपस्थित करणे, व त्या प्रश्नांची उत्तरे प्रयोगातून मिळविण्याचा प्रयत्न करणे. अशा वेळेस एक प्रकर्षाने जाणवलेली गोष्ट म्हणजे स्वतः ला असलेल्या माहितीच्या आधारावर प्रश्नांची उत्तरे पटापट देणे विद्यार्थ्यांना चांगले जमते. परंतु स्वतःच प्रश्न उपस्थित करण्याची त्यांना सवय नसते. लहानपणी ही सवय असली, तरी इयत्ता पाचवीमध्ये पोहोचेपर्यंत अपेक्षित उत्तरे ओळखायला उत्साह जास्त असतो. त्यामानाने स्वतःच्या कुतूहलाला वाव देण्याची संधीही फारशी मिळालेली नसते.

प्रयोग आणि प्रश्न यांमधील संबंध स्पष्ट करण्यासाठी विद्यार्थ्यांना काही प्रयोगांची उदाहरणे दिली, जसे :

दोन कुंड्यांमध्ये दोन सारख्या वनस्पती घ्या. एक कुंडी सूर्यप्रकाशात व दुसरी अंधारात ठेवा. दोन्ही कुंड्यांत रोज पाणी घाला. काही दिवसानंतर निरीक्षण करा.



याबरोबर त्यांना काही प्रश्नही सुचविले, जसे :

१. वनस्पतीच्या वाढीसाठी सूर्यप्रकाशाची गरज आहे का ?
२. पाणी दिले नाही तर वनस्पती मरेल का ?
३. अंधारात वनस्पती वाढते का ?
४. सूर्यप्रकाशात पाण्याशिवाय झाडे वाढतील का ?
५. प्रकाशात असलेली वनस्पती स्वतःचे अन्न तयार करते का ?

प्रत्येक प्रश्नाचे आधी त्यांना उत्तर विचारले. बहुतांश विद्यार्थ्यांनी प्रश्नाचे उत्तर बरोबर दिले. मात्र त्या प्रश्नाचे उत्तर दिलेल्या प्रयोगातून मिळते का, असे विचारल्यावर विद्यार्थी पुष्कळदा गोंधळात पडत. सर्वच प्रश्नांची उत्तरे या प्रयोगातून मिळतात असे सांगण्याकडे त्यांचा कल असे. प्रश्न क्र. १ व ३ ची उत्तरे या प्रयोगातून मिळत असली तरी प्रश्न क्र. २, ४, व ५ ची उत्तरे मिळत नाहीत.

मेणबत्तीवर ग्लास ठेवून ती विज्ञानाच वर्गातील काही हुशार विद्यार्थी लगेच सांगतात 'यावरून असे कळते की ज्वलनास ऑक्सिजनची गरज आहे.' अशा वेळेस पुस्तकी भाषेत बिनचूक उत्तर दिल्याबद्दल त्यांना शाबासकीही मिळते. मात्र विज्ञानाला आवश्यक अशी काटेकोर विचारपद्धती येथे कोठेतरी मागे राहिलेली असते. अर्थात मेणबत्तीवर ग्लास ठेवल्यावर तिला बाहेरील ऑक्सिजन मिळत नाही तसे इतरही वायू मिळत नाहीत, त्यामुळे ज्वलनास ऑक्सिजनची गरज आहे, हे या एकाच प्रयोगावरून निश्चितच सांगता येत नाही.

पूर्वज्ञानाचे महत्त्व

संशोधन अनुभवांवरून असे सांगता येते की केवळ प्रयोग करून दाखविण्याने विद्यार्थ्यांना संबोध स्पष्ट होत नाही. त्यांचे पूर्वज्ञान, त्यांच्या उत्स्फूर्त विचारपद्धती, यामुळे अपेक्षित उपपत्ती सोडून काही निराळ्याच कल्पना त्यांच्या मनात निर्माण होऊ शकतात. उदाहरणार्थ, काचेच्या पेल्यात पाणी भरून त्यावर पुट्टा ठेवला व पेला उलटा केला तरी पाणी सांडत नाही. यावरून अपेक्षित निष्कर्ष असा आहे की बाहेरील हवेचा दाब पेल्यातील पाण्याच्या दाबापेक्षा जास्त असल्यामुळे पुट्टा खाली पडत नाही व पाणी सांडत नाही. पण दाबाची कल्पना विद्यार्थ्यांना सहज समजणे कठीणच आहे. त्यापेक्षा पुट्टा पाण्याला चिकटून राहतो हा निष्कर्ष अधिक साहजिक वाटेल. विद्यार्थ्यांचे निष्कर्ष त्यांच्या पूर्वज्ञानावरच आधारित असतात. (वरील प्रयोगात पेल्यामध्ये हवेचा बुडाबुडा राहिला तरी पुट्टा खाली पडत नाही. म्हणजे मुळातच या प्रयोगातून निघणारा निष्कर्ष साधा - सोपा नक्कीच नाही.)

पाठ्यपुस्तकातील प्रयोगांमध्ये विद्यार्थ्यांकडून अपेक्षित पूर्वज्ञान, प्रयोगाची तात्त्विक पार्श्वभूमी व अपेक्षित उपपत्ती यामध्ये सुसंगती दिसून येत नाही. त्यामुळे विद्यार्थ्यांचा गोंधळ होण्याची शक्यता जास्त आहे.

मात्र प्रयोग आणि प्रश्न यातील संबंध काही ठराविक तऱ्हेच्या प्रयोगांमधून विद्यार्थ्यांना जास्त चांगल्या तऱ्हेने समजतो असे दिसले. अशा प्रयोगांमध्ये दोन परिस्थितींची तुलना केलेली असते. जसे, दोन कुंड्यातील झाडे, एकाला खत घातले, दुसऱ्याला नाही. (प्रश्न : खताचा झाडाच्या वाढीवर काय परिणाम होतो ?) किंवा चिकणमाती व रेंताडमातीतून पाणी झिरपणे. (प्रश्न : कोणत्या मातीत जास्त पाणी राहते किंवा कोणत्या मातीतून जास्त पाणी झिरपते ?) अशा व इतर प्रयोगातून विद्यार्थ्यांना जाणीव करून द्यावी की आपण काही प्रश्नाचे उत्तर शोधत आहोत, केवळ कृती करीत नाही.

होमी भाभा विज्ञान शिक्षण केंद्रात हाती घेतलेल्या एका संशोधन प्रकल्पाचे निष्कर्ष संक्षिप्त स्वरूपात येथे मांडले आहेत. शिक्षकांना ते उपयोगी वाटतील अशी आशा आहे.

Sugra Chunawala, Swapna Apte, Chitra Natarajan and Jayashree Ramadas: **Students' Ideas Related to Living and Non-living. Diagnosing Learning in Primary Science: Part I.** HBCSE Technical Report No.29, June 1996.

Chitra Natarajan, Sugra Chunawala, Swapna Apte and Jayashree Ramadas: **Students' Ideas about Plants. Diagnosing Learning in Primary Science: Part II.** HBCSE Technical Report No.30, June 1996.

Jayashree Ramadas, Chitra Natarajan, Sugra Chunawala and Swapna Apte: **Role of Experiments in School Science. Diagnosing Learning in Primary Science: Part III.** HBCSE Technical Report No.31, June 1996.

मूल्य: ५ रुपये

सप्टेंबर १९९६

होमी भाभा विज्ञान शिक्षण केंद्र,
टाटा इन्स्टिट्यूट ऑफ फंडामेंटल रिसर्च,
वि. ना. पुरव मार्ग, मानखुर्द, मुंबई - ४०० ०८८.
