4. द्रव्याचे मोजमाप

- **रासायनिक संयोगाचे नियम**
- **रेणुवस्तुमान आणि मोलची संकल्पना**
- **अणु – आकार, वस्तुमान , संयुजा**
- **मूलके**

थोडे आठवा.

1. डाल्टनचा अणुसिद्‌धांत काय आहे?
2. संयुगे कशी बनतात?
3. मीठ, चुनकळी, पाणी, चुना, चुनखडी यांची रेणुसूत्रे काय आहेत?

मूलद्रव्यांच्या रासायनिक संयोगाने संयुगे तयार होतात हे आपण मागील इयत्तेत पाहिले आहे. आपण हेही शिकलो की डाल्टनच्या अणुसिद्‌धांतामधील एक महत्त्वाचे तत्त्व म्हणजे वेगवेगळ्या मूलद्रव्यांचे अणू एकमेकांशी जोडले जाऊन संयुगांचे रेणू तयार होतात.

रासायनिक संयोगाचे नियम (Laws of Chemical Combination)

रासायनिक बदल होताना पदार्थांचे संघटन बदलते. ह्या संदर्भातील मूलभूत प्रयोग 18 व्या व 19 व्या शतकामधील शास्त्रज्ञांनी केले. हे करताना त्यांनी वापरलेल्या व तयार झालेल्या पदार्थांचे अचूक मोजमाप केले व रासायनिक संयोगाचे नियम शोधून काढले. डाल्टनचा अणुसिद्‌धांत व रासायनिक संयोगाचे नियम यांच्या आधारे वैज्ञानिकांनी विविध संयुगांची रेणुसूत्रे लिहिली. आपण येथे, ज्ञात रेणुसूत्रांच्या आधारे रासायनिक संयोगाचे नियम पडताळून पाहणार आहोत.

करून पहा.

साहित्य : शंकुपात्र, परीक्षानळ्या, तराजू इत्यादी.
रसायने : कॅल्शिअम क्लोराइड ($CaCl_2$), सोडिअम सल्फेट (Na_2SO_4), कॅल्शिअम ऑक्साइड (CaO), पाणी (H_2O) (आकृती 4.1 पहा)

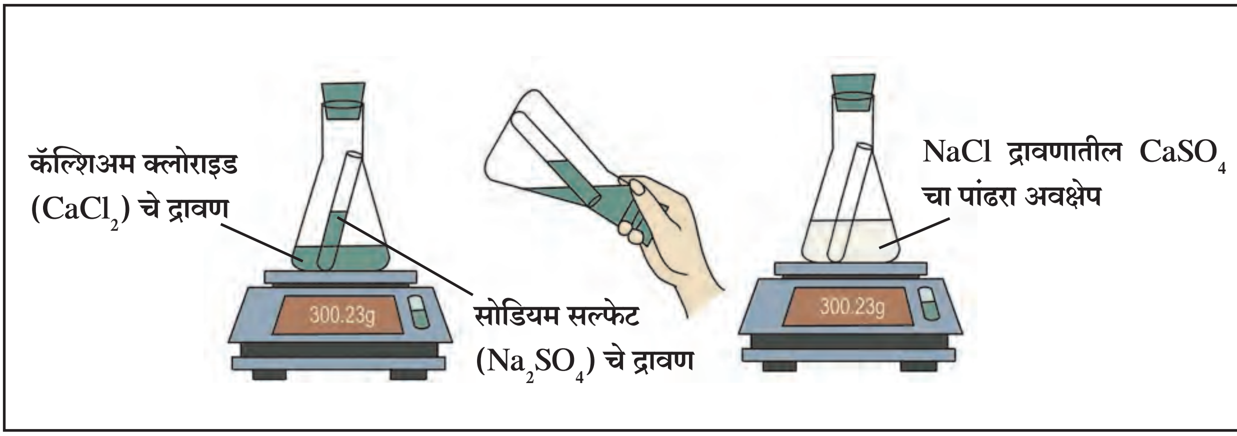
कृती 1

- एका मोठ्या शंकुपात्रात 56 ग्रॅम कॅल्शिअम ऑक्साइड घ्या व त्यात 18 ग्रॅम पाणी टाका.
- काय होते ते पहा.
- तयार झालेल्या पदार्थाचे वस्तुमान मोजा.
- काय साधर्म्य दिसते? अनुमान लिहा.

कृती 2

- कॅल्शिअम क्लोराइडचे द्रावण शंकुपात्रात घ्या व सोडिअम सल्फेटचे द्रावण परीक्षानळीत घ्या.
- परीक्षानळीला दोरा बांधून काळजीपूर्वक ती शंकुपात्रात सोडा.
- रबरी बूच लावून शंकुपात्र हवाबंद करा.
- शंकुपात्राचे तराजूच्या सहाय्याने वस्तुमान मोजा.
- आता शंकुपात्र तिरके करून परीक्षानळीतील द्रावण शंकुपात्रातील द्रावणात ओता.
- आता पुन्हा शंकुपात्राचे वस्तुमान मोजा.

तुम्हाला कोणते बदल आढळले? वस्तुमानामध्ये काही बदल झाला का?



4.1 रासायनिक संयोगाच्या नियमाची पडताळणी

द्रव्य अक्षय्यतेचा नियम (Law of Conservation of Matter)

वरील कृतीमध्ये मूळ द्रव्याचे वस्तुमान व रासायनिक बदलाने तयार झालेल्या द्रव्याचे वस्तुमान सारखेच भरते. 1785 मध्ये आनत्वान लॅव्हाझिए (Antoine Lavoisier) या फ्रेंच शास्त्रज्ञाने संशोधनातून असा निष्कर्ष काढला, की 'रासायनिक अभिक्रिया होत असताना द्रव्याच्या वस्तुमानात वाढ किंवा घट होत नाही.' रासायनिक अभिक्रियेतील **अभिक्रियाकारकांचे (Reactants)** एकूण वस्तुमान व रासायनिक अभिक्रियेतून निर्माण होणाऱ्या **उत्पादितांचे (Products)** एकूण वस्तुमान हे सारखेच असते. यालाच **द्रव्य अक्षय्यतेचा नियम** असे म्हणतात.

स्थिर प्रमाणाचा नियम (Law of Constant Proportion)

फ्रेंच शास्त्रज्ञ प्रूस्ट (J. L. Proust) यांनी सन 1794 मध्ये स्थिर प्रमाणाचा नियम मांडला, ''संयुगाच्या विविध नमुन्यांमधील घटक मूलद्रव्यांचे वस्तुमानी प्रमाण नेहमी स्थिर असते.'' उदा, पाण्यातील हायड्रोजन व ऑक्सिजनचे वस्तुमानी प्रमाण 1:8 असते; म्हणजेच 1 ग्रॅम हायड्रोजन व 8 ग्रॅम ऑक्सिजन यांच्या रासायनिक संयोगाने 9 ग्रॅम पाणी तयार होते. त्याचप्रमाणे कोणत्याही स्रोतापासून मिळालेल्या कार्बन डायऑक्साइड मधील कार्बन आणि ऑक्सिजनचे वस्तुमानी प्रमाण 3:8 असते. म्हणजेच 44 ग्रॅम कार्बन डायऑक्साइडमध्ये 12 ग्रॅम कार्बन व 32 ग्रॅम ऑक्सिजन असतात.

प्रूस्ट

लॅव्हाझिए

परिचय शास्त्रज्ञांचा

आनत्वान लॅव्हाझिए (1743 ते 1794)

हे फ्रेंच शास्त्रज्ञ होते. त्यांना आधुनिक रसायनशास्त्राचा जनक असे म्हणतात. रसायनशास्त्राप्रमाणेच जीवशास्त्र व अर्थशास्त्र या क्षेत्रांमध्येही त्यांनी भरीव कामगिरी केली.

1. ऑक्सिजन व हायड्रोजनचे नामकरण केले.
2. ज्वलनात पदार्थाचा ऑक्सिजनशी संयोग होतो हे सिद्ध केले.(1772)
3. रासायनिक प्रयोगात अभिक्रियाकारके व उत्पादितांचे अचूकपणे वस्तुमान मोजण्याच्या पद्धतीचा प्रथम वापर केला.
4. पाणी हे हायड्रोजन व ऑक्सिजन यांच्यापासून बनलेले आहे याचा शोध.
5. रासायनिक अभिक्रियेत वस्तुमान कायम राखले जाते या नियमाचे पहिले लेखन.
6. संयुगांना पद्धतशीरपणे नावे दिली उदा, सल्फ्यूरिक आम्ल, कॉपर सल्फेट इत्यादी.
7. 1789 मध्ये Elementary Treatise on Chemistry हा आधुनिक रसायनशास्त्रातील पहिला ग्रंथ लिहिला.

स्थिर प्रमाणाच्या नियमाची पडताळणी

अनेक संयुगे विविध पद्धतींनी बनवता येतात. उदा, कॉपर कार्बोनेट, $CuCO_3$, च्या विघटनाने तसेच कॉपर नायट्रेट $Cu(NO_3)_2$ च्या विघटनाने कॉपर ऑक्साइड, CuO या संयुगाचे दोन नमुने मिळाले.या दोन्ही नमुन्यांमधून प्रत्येकी 8 ग्रॅम कॉपर ऑक्साइड घेतले व त्याची स्वतंत्रपणे हायड्रोजन वायूबरोबर अभिक्रिया केली असता दोन्हींपासून प्रत्येकी 6.4 ग्रॅम तांबे व 1.8 ग्रॅम पाणी मिळाले, यावरून स्थिर प्रमाणाचा नियम कसा सिद्ध होतो ते पाहू.

कॉपर ऑक्साइडची हायड्रोजनबरोबर अभिक्रिया होऊन पाणी हे संयुग व कॉपर हे मूलद्रव्य असे दोन ज्ञात पदार्थ तयार झाले. त्यापैकी पाणी H_2O या संयुगात H व O ही मूलद्रव्ये 1:8 च्या वस्तुमानी प्रमाणात असतात हे आधीच ज्ञात आहे. म्हणजेच 9 ग्रॅम पाण्यात 8 ग्रॅम ऑक्सिजन हे मूलद्रव्य असते. म्हणून 1.8 ग्रॅम पाण्यात $\frac{8}{9} \times 1.8 = 1.6$ ग्रॅम ऑक्सिजन आहे. हा ऑक्सिजन 8 ग्रॅम कॉपर ऑक्साइडमधून आला. याचा अर्थ कॉपर ऑक्साइडच्या दोन्ही नमुन्यांमधील प्रत्येकी 8 ग्रॅम राशींमध्ये 6.4 ग्रॅम कॉपर व 1.6 ग्रॅम ऑक्सिजन आहे, आणि त्यातील, Cu व O चे वस्तुमानी प्रमाण 6.4:1.6 म्हणजेच 4:1 आहे. म्हणजेच पदार्थाच्या दोन वेगवेगळ्या नमुन्यांमधील घटक मूलद्रव्यांची वस्तुमानी प्रमाणे स्थिर असल्याचे प्रयोगातून दिसले

आता कॉपर ऑक्साइडच्या CuO रेणुसूत्रावरून घटक मूलद्रव्यांचे अपेक्षित वस्तुमानी प्रमाण काय आहे ते पाहू. त्यासाठी मूलद्रव्याची ज्ञात असलेली अणुवस्तुमाने वापरावी लागतील. Cu व O यांची अणुवस्तुमाने अनुक्रमे 63.5 व 16 आहेत. म्हणजेच CuO हया रेणूमध्ये Cu व O हया घटक मूलद्रव्यांचे वस्तुमानी प्रमाण 63.5:16 म्हणजेच 3.968:1 म्हणजेच अंदाजे 4:1 आहे .

प्रयोगाने मिळालेले घटक मूलद्रव्याचे वस्तुमानी प्रमाण रेणुसूत्रावरून काढलेल्या अपेक्षित प्रमाणाशी जुळले. म्हणजेच स्थिरप्रमाणाच्या नियमाची पडताळणी झाली.

अणू (Atom) : आकार, वस्तुमान, संयुजा (Size, Mass and Valency)

थोडे आठवा.

1. अणूला अंतर्गत संरचना असते. हे कोणत्या प्रयोगांवरून लक्षात आले? केव्हा?
2. अणूचे दोन भाग कोणते? ते कशाचे बनलेले असतात?

आपण मागील इयत्तेत पाहिले आहे, की अणूच्या मध्यभागी केंद्रक असते व केंद्रकाबाहेरील भागात फिरणारे इलेक्ट्रॉन हे ऋण प्रभारित मूलकण असतात. केंद्रकामध्ये धनप्रभारित प्रोटॉन व प्रभाररहित न्यूट्रॉन हे मूलकण असतात.

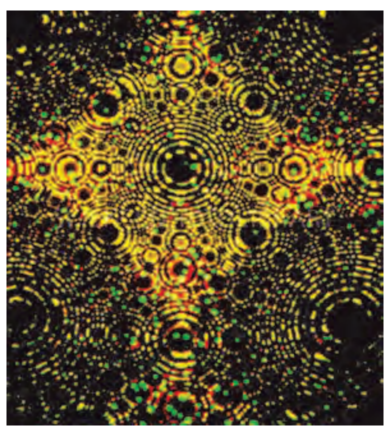
अणूचा आकार हा त्याच्या त्रिज्येवरून ठरतो. स्वतंत्र अणूमध्ये अणूची त्रिज्या म्हणजे अणूचे केंद्रक व बाह्यतम कक्षा यातील अंतर होय. अणूची त्रिज्या ही नॅनोमीटरमध्ये व्यक्त करतात.

$$\frac{1}{10^9} m = 1nm$$

$$1m = 10^9 nm.$$

अणू व रेणूचे अंदाजे आकार

त्रिज्या (मीटरमध्ये)	उदाहरणे
10^{-10}	हायड्रोजनचा अणू
10^{-9}	पाण्याचा रेणू
10^{-8}	हिमोग्लोबिनचा रेणू



4.2 इरीडीअमच्या अणूंची प्रतिमा

अणू हे अतिशय सूक्ष्म असतात. इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शक, फील्ड आयन सूक्ष्मदर्शक, स्कॅनिंग टनेलिंग सूक्ष्मदर्शक अशा अत्याधुनिक साधनांमध्ये अणूची विशालित प्रतिमा दाखवण्याची क्षमता असते. आकृती 4.2 मधील फील्ड आयन सूक्ष्मदर्शकाच्या साहाय्याने मिळालेली अणूंची प्रतिमा पहा.

अणूचा आकार हा त्याच्यामध्ये असणाऱ्या इलेक्ट्रॉन कक्षांच्या संख्येवर अवलंबून असतो. कक्षांची संख्या जितकी जास्त तितका आकार मोठा. उदा. Na च्या अणूपेक्षा K चा अणू मोठा आहे. जर दोन अणूंची बाह्यतम कक्षा तीच असेल, तर ज्या अणूच्या बाह्यतम कक्षेत जास्त इलेक्ट्रॉन असतील त्याचे आकार ज्या अणूच्या बाह्यतम कक्षेत कमी इलेक्ट्रॉन आहेत अशाच्या तुलनेत लहान असतो. उदा. Na च्या अणूपेक्षा Mg चा अणू लहान आहे.

अणूचे वस्तुमान (Mass of Atom)

अणूचे वस्तूमान त्याच्या केंद्रकात एकवटलेले असून ते त्यातील प्रोटॉन (p) व न्यूट्रॉन (n) मुळे असते. अणुकेंद्रकामध्ये असणाऱ्या प्रोटॉन व न्यूट्रॉनच्या एकत्रित संख्येला **अणुवस्तुमानांक** (Atomic Mass Number), A म्हणतात. प्रोटॉन व न्यूट्रॉन यांना एकत्रितपणे **अणुकेंद्रातील मूलकण** (Nucleons) असे संबोधतात.

अणू हा अतिशय सूक्ष्म असतो. मग त्याचे वस्तुमान कसे ठरवायचे? हा प्रश्न शास्त्रज्ञांनाही पडला होता. 19 व्या शतकातील वैज्ञानिकांना अणुवस्तुमान अचूकपणे मोजणे शक्य नसल्याने 'अणूचे सापेक्ष वस्तुमान' ही संकल्पना पुढे आली. अणूचे सापेक्ष वस्तुमान मोजण्यासाठी एका संदर्भ अणूची गरज होती. हायड्रोजनचा अणू सर्वात हलका असल्याने सुरुवातीच्या काळात हायड्रोजनची निवड संदर्भ अणू म्हणून झाली. ज्याच्या केंद्रकात केवळ एक प्रोटॉन आहे अशा हायड्रोजन अणूचे सापेक्ष वस्तुमान एक (1) असे स्वीकारण्यात आले. त्यामुळे सापेक्ष अणुवस्तुमानाचे मूल्य हे अणुवस्तुमानांइतके A, झाले.

हायड्रोजनचे सापेक्ष अणुवस्तुमान एक (1) मांडल्यावर नायट्रोजन अणूचे वस्तूमान किती हे कसे ठरवायचे?

नायट्रोजनच्या एका अणूचे वस्तुमान हायड्रोजनच्या एका अणूच्या चौदा (14) पट असते म्हणून नायट्रोजन अणूचे सापेक्ष वस्तूमान हे 14 आहे. यानुसार विविध मूलद्रव्यांची सापेक्ष अणुवस्तुमाने ठरवली गेली आहेत. या मापनश्रेणीत अनेक मूलद्रव्यांची सापेक्ष अणुवस्तुमाने अपूर्णांकी आली. यामुळे काळाच्या ओघात इतर काही अणूंची संदर्भ अणू म्हणून निवड झाली. शेवटी 1961 मध्ये कार्बन अणूची संदर्भ अणू म्हणून निवड झाली या पद्धतीत कार्बनच्या एका अणूचे सापेक्ष वस्तुमान 12 स्वीकारले गेले. कार्बन अणूच्या तुलनेत हायड्रोजनच्या एका अणूचे सापेक्ष वस्तुमान $12 \times \frac{1}{12}$ म्हणजेच 1 असे ठरते. अणूंच्या सापेक्ष वस्तुमानांच्या पट्टीवर एक प्रोटॉन व एक न्यूट्रॉन यांचे वस्तुमान अंदाजे एक असे असते.

काही मूलद्रव्ये व त्यांची सापेक्ष अणुवस्तुमाने खालील तक्त्यात दिलेली आहेत, तर काही मूलद्रव्यांची अणुवस्तुमाने तुम्ही शोधा.

मूलद्रव्य	अणुवस्तुमान	मूलद्रव्य	अणुवस्तुमान	मूलद्रव्य	अणुवस्तुमान
हायड्रोजन	1	ऑक्सिजन		फॉस्फरस	
हेलिअम	4	फ्ल्युओरिन	19	सल्फर	32
लिथिअम	7	निऑन	20	क्लोरिन	35.5
बेरिलिअम	9	सोडिअम		अरगॉन	
बोरॉन	11	मॅग्नेशिअम	24	पोटॅशिअम	
कार्बन	12	ॲल्युमिनिअम		कॅल्शिअम	40
नायट्रोजन	14	सिलीकॉन	28		

आताच्या काळात अणूचे वस्तुमान प्रत्यक्ष मोजण्याच्या अधिक अचूक पद्धती विकसित झालेल्या आहेत, त्यामुळे अणुवस्तुमानासाठी सापेक्ष वस्तुमानाऐवजी **एकीकृत वस्तुमान** (Unified Mass) हे एकक स्वीकारले आहे. या एककाला 'डाल्टन' असे म्हणतात. यासाठी u ही संज्ञा वापरतात. $1u = 1.66053904 \times 10^{-27}$ kg

मूलद्रव्यांच्या रासायनिक संज्ञा (Chemical symbols of Elements)

सांगा पाहू !

1. रसायनशास्त्रात एखादे मूलद्रव्य कसे दर्शवितात?
2. तुम्हाला माहीत असलेल्या काही मूलद्रव्यांच्या संज्ञा लिहा.
3. ॲन्टीमनी, लोह, सोने, चांदी, पारा, शिसे, सोडिअम यांच्या संज्ञा लिहा.

डाल्टनने मूलद्रव्यांना संज्ञा देण्यासाठी विशिष्ट अशा चिन्हांचा वापर केला होता. जसे हायड्रोजनसाठी ⊙ तर तांबे या मूलद्रव्यासाठी ©. आज आपण IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) ने ठरविलेल्या संज्ञा वापरतो. ही अधिकृत नावे व संज्ञा असून जगभर वापरली जातात. सध्याची रासायनिक संज्ञा पद्धती ही बर्झिलिअसने शोधलेल्या पद्धतीवर आधारित आहे. त्यानुसार मूलद्रव्याची संज्ञा ही त्याच्या नावातील पहिले अक्षर किंवा पहिले आणि दुसरे / इतर विशिष्ट अक्षर अशी असते. दोन अक्षरांपैकी पहिले अक्षर इंग्रजी मोठ्या लिपीत व दुसरे अक्षर लहान लिपीत लिहितात.

मूलद्रव्यांचे आणि संयुगांचे रेणू (Molecules of Elements and Compounds)

काही मूलद्रव्यांच्या अणूंना स्वतंत्र अस्तित्व असते, उदाहरणार्थ, हेलिअम, निऑन म्हणजे ही मूलद्रव्ये एक-अणू-रेणू अवस्थेत असतात. काही वेळा, मूलद्रव्याच्या दोन किंवा अधिक अणूंच्या संयोगातून त्या मूलद्रव्याचे 'रेणू' तयार होतात. अशी मूलद्रव्ये बहू-अणू-रेणू अवस्थेत असतात. उदाहरणार्थ, ऑक्सिजन, नायट्रोजन ही मूलद्रव्ये द्वि-अणू-रेणू अवस्थेत O_2, N_2 याप्रमाणे असतात. जेव्हा वेगवेगळ्या मूलद्रव्यांचे अणू एकमेकांशी संयोग पावतात, तेव्हा संयुगाचे रेणू तयार होतात. म्हणजेच मूलद्रव्यांमधील रासायनिक आकर्षणामुळे संयुगे तयार होतात.

यादी करा व चर्चा करा. एक-अणू-रेणू व द्वि-अणू-रेणू अवस्थेतील मूलद्रव्यांची यादी तयार करा.

रेणुवस्तुमान आणि मोलची संकल्पना (Molecular Mass and Mole Concept)

रेणुवस्तुमान

एखाद्या पदार्थाचे रेणुवस्तुमान म्हणजे त्याच्या एका रेणुमधील सर्व अणूंच्या अणुवस्तुमानांची बेरीज होय. (अणुवस्तुमानाप्रमाणेच रेणुवस्तुमानसुद्‌धा डाल्टन (u) याच एककात व्यक्त करतात.

H_2O चे रेणुवस्तुमान कसे काढता येईल?

रेणू	घटक मूलद्रव्य	अणुवस्तुमान u	रेणूतील अणूंची संख्या	अणुवस्तुमान × अणूंची संख्या	घटकांचे वस्तुमान u
H_2O	हायड्रोजन	1	2	1×2	2
	ऑक्सिजन	16	1	16×1	16
रेणुवस्तुमान = घटक अणुवस्तुमानांची बेरीज (H_2O चे रेणुवस्तुमान) = (H चे अणुवस्तुमान) ×2 + (O चे अणुवस्तुमान)×1					रेणुवस्तुमान 18

जरा डोके चालवा.

खाली काही मूलद्रव्यांची अणुवस्तुमाने डाल्टनमध्ये दिली आहेत व काही संयुगांची रेणुसूत्रे दिले आहेत. त्या संयुगांची रेणुवस्तुमाने काढा.

अणुवस्तुमाने → H(1), O(16), N(14), C(12),K (39), S (32) Ca(40), Na(23), Cl(35.5), Mg(24), Al(27)

रेणुसूत्रे → $NaCl$, $MgCl_2$, KNO_3, H_2O_2, $AlCl_3$, $Ca(OH)_2$, MgO, H_2SO_4, HNO_3, $NaOH$

मोल (Mole)

करून पहा.

1. वजनकाट्यावर तूरडाळ, मसूरडाळ, हरभराडाळ यांच्या प्रत्येकी एका दाण्याचे वस्तुमान मोजा. काय अनुभव आला ?
2. तूरडाळ, मसूरडाळ, हरभराडाळ यांचे प्रत्येकी 10 ग्रॅम वस्तुमान मोजा व त्यांतील दाण्यांची संख्या मोजा. ती सर्वांची सारखी आली का वेगवेगळी ?
3. कागदावर रेखाचित्र काढून रंगवण्यासाठी प्रत्येक रेघेवर क्रमाक्रमाने तूर, मसूर व हरभरा अशा मोजून घेऊन डाळी ठेवा/ चिकटवा. संपूर्ण चित्र पूर्ण करून प्रत्येक डाळीच्या दाण्यांची संख्या डझनांमध्ये काढा व त्यावरून तूरडाळ, मसूरडाळ व हरभराडाळ प्रत्येकी किती ग्रॅम लागली ते काढा.
4. समान संख्येची डाळींची वस्तुमाने व समान वस्तुमानातील डाळींची संख्या याविषयी तुम्ही कोणता निष्कर्ष काढाल ?

विचार करा.

एक एकर जमिनीत पेरणी करण्यासाठी गहू, ज्वारी व बाजरी यांचे बियाणे किती लागते ? या वस्तुमानांचा त्यातील त्या त्या धान्याच्या दाण्यांच्या संख्येशी काही संबंध जोडता येईल का ?

सांगा पाहू !

1. वजनकाटा वापरून कोणत्याही पदार्थांच्या एका रेणूचे वस्तुमान मोजणे शक्य आहे का ?
2. वेगवेगळ्या पदार्थांच्या समान वस्तुमान असलेल्या राशींमध्ये त्या पदार्थांच्या रेणूंची संख्या समान असेल का ?
3. वेगवेगळ्या पदार्थांचे रेणू समान संख्येने घ्यावयाचे असल्यास त्या त्या पदार्थांच्या समान वस्तुमानाच्या राशी घेऊन काम होईल का ?

मूलद्रव्ये किंवा संयुगे जेव्हा रासायनिक अभिक्रियांमध्ये भाग घेतात तेव्हा त्यांच्या अणू व रेणूंमध्ये अभिक्रिया होत असते त्यामुळे त्यांच्या अणू-रेणूंची संख्या माहीत असावी लागते. मात्र रासायनिक अभिक्रिया करताना अणू-रेणू मोजण्यापेक्षा हाताळता येतील अशा राशी मोजून घेणे सोयीचे असते. यासाठी 'मोल' ह्या संकल्पनेचा उपयोग होतो.

मोल ही पदार्थाची अशी राशी असते की जिचे ग्रॅममधील वस्तुमान त्या पदार्थाच्या रेणुवस्तुमानाच्या डाल्टनमधील मूल्याएवढेच असते. जसे ऑक्सिजनचे रेणुवस्तुमान 32 आहे. 32 ग्रॅम ऑक्सिजन म्हणजे 1 मोल ऑक्सिजन होय. पाण्याचे रेणुवस्तुमान 18 आहे. त्यामुळे 18 ग्रॅम पाणी म्हणजे 1 मोल पाणी होय.

संयुगाचा 1 मोल म्हणजे संयुगाच्या रेणुवस्तुमानाएवढे मूल्य असलेले ग्रॅममधील वस्तुमान होय. मोल (mol) हे SI एकक आहे.

$$\text{पदार्थाच्या मोलची संख्या } (n) = \frac{\text{पदार्थाचे ग्रॅममधील वस्तुमान}}{\text{पदार्थाचे रेणुवस्तुमान}}$$

ॲव्हागॅड्रो अंक (Avogadro's number)

कोणत्याही पदार्थाच्या एक मोल राशीमधील रेणूंची संख्या निश्चित असते. इटालीअन शास्त्रज्ञ ॲव्हागॅड्रो याने यासंदर्भात खूप मूलभूत संशोधन केले. म्हणून या संख्येला 'ॲव्होगड्रो अंक' असे म्हणतात व तो N_A या संज्ञेने दर्शवितात. पुढे वैज्ञानिकांनी प्रयोगांनी दाखवून दिले की ॲव्होगड्रो अंकाचे मूल्य 6.022×10^{23} इतके आहे. कोणत्याही पदार्थाचा एक मोल म्हणजे 6.022×10^{23} रेणू. जसे 1 डझन म्हणजे 12, एक शतक म्हणजे 100, एक ग्रोस म्हणजे 144 तसेच 1 मोल म्हणजे 6.022×10^{23}. उदाहरणार्थ 1 मोल पाणी म्हणजेच 18 ग्रॅम पाणी घेतले तर त्यात पाण्याचे 6.022×10^{23} इतके रेणू असतात.

66 ग्रॅम CO_2 मध्ये किती रेणू असतात?

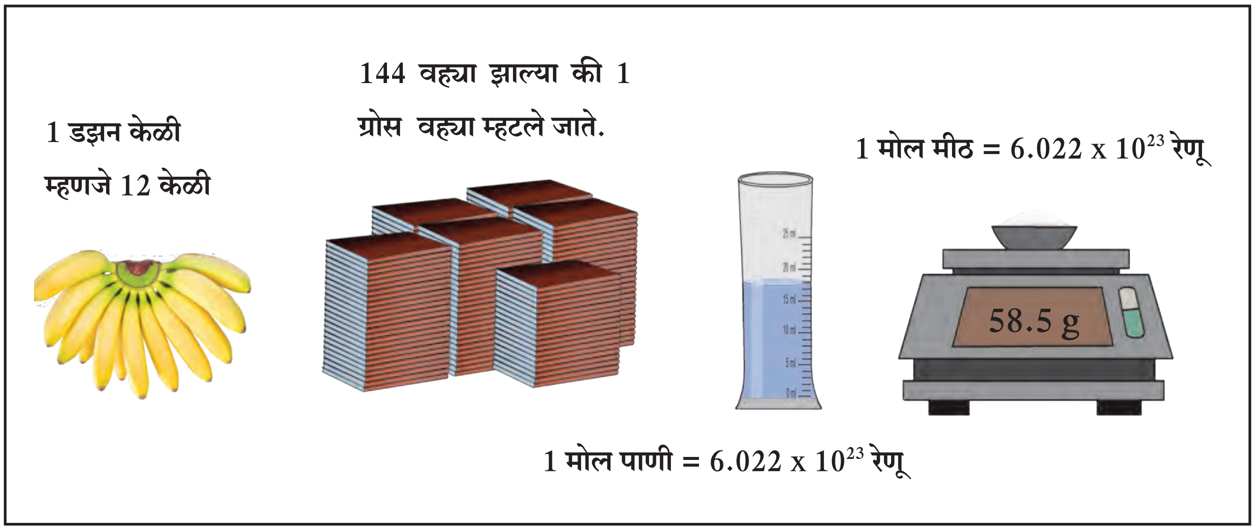
रीत: CO_2 चे रेणुवस्तुमान 44 आहे.

$$CO_2 \text{ मधील मोलची संख्या } (n) = \frac{CO_2 \text{ ग्रॅममधील वस्तुमान}}{CO_2 \text{ चे रेणुवस्तुमान}} = \frac{66}{44}$$

$\therefore$ n= 1.5 मोल (mol)

$\because$ 1 मोल CO_2 मध्ये 6.022×10^{23} रेणू असतात.

$\therefore$ 1.5 मोल CO_2 मध्ये $1.5 \times 6.022 \times 10^{23}$ रेणू $= 9.033 \times 10^{23}$ रेणू असतात.



4.3 एक मोल (ॲव्हागॅड्रो अंक)

जरा डोके चालवा.

1. 36 ग्रॅम पाण्यामध्ये पाण्याचे किती रेणू असतील?
2. 49 ग्रॅम H_2SO_4 मध्ये H_2SO_4 चे किती रेणू असतात?

हे नेहमी लक्षात ठेवा.

1. एखाद्या पदार्थाच्या दिलेल्या राशीतील रेणूंची संख्या त्या पदार्थाच्या रेणुवस्तुमानावर ठरते.
2. वेगवेगळ्या पदार्थांच्या समान वस्तुमानांच्या राशींमधील रेणूंची संख्या वेगवेगळी असते.
3. वेगवेगळ्या पदार्थांच्या 1 मोल राशींची ग्रॅममधील वस्तुमाने वेगवेगळी असतात.

संयुजा (Valency)

थोडे आठवा.

1. H_2, HCl, H_2O व NaCl ह्या रेणुसूत्रांवरून H, Cl, O, आणि Na ह्या मूलद्रव्यांच्या संयुजा ठरवा.
2. NaCl, $MgCl_2$ ह्या संयुगांमध्ये कोणत्या प्रकारचा रासायनिक बंध आहे?

मूलद्रव्याच्या संयोग पावण्याच्या क्षमतेला संयुजा असे म्हणतात. मूलद्रव्यांची संयुजा ही विशिष्ट अंकाने दर्शवितात. हा अंक म्हणजे त्या मूलद्रव्याच्या एका अणूने इतर अणूंबरोबर केलेल्या रासायनिक बंधांची संख्या होय. 18 व्या व 19 व्या शतकांमध्ये मूलद्रव्यांच्या संयुजा समजण्यासाठी रासायनिक संयोगाच्या नियमांचा उपयोग करत. 20 व्या शतकात मूलद्रव्याच्या संयुजेचा त्याच्या इलेक्ट्रॉन संरूपणाशी असलेला संबंध लक्षात आला.

सोडिअम अणू (Na) इलेक्ट्रॉन संरूपण (2,8,1) $\xrightarrow{-1e^-}$ सोडिअम आयन Na^+ (2,8)

क्लोरिन अणू (Cl) इलेक्ट्रॉन संरूपण (2,8,7) $\xrightarrow{+1e^-}$ क्लोराइड आयन Cl^- (2,8,8)

$Na^+ + Cl^- \longrightarrow$ NaCl (सोडिअम क्लोराइड)

सोडिअमचा अणू एक इलेक्ट्रॉन क्लोरिनच्या अणूला देतो व सोडिअमचा धन आयन तयार होतो म्हणून सोडिअमची संयुजा 1 आहे. क्लोरिनचा अणू एक इलेक्ट्रॉन घेतो व क्लोरिनचा ऋण आयन(क्लोराइड) तयार होतो म्हणून क्लोरिनची संयुजा 1 आहे. आयनांवरील प्रत्येकी एक अशा विरुद्ध प्रभारांमधील आकर्षणामुळे Na^+ व Cl^- मध्ये एक रासायनिक बंध निर्माण होऊन NaCl तयार होते.

अशा प्रकारे सोडिअम अणूची क्षमता एक इलेक्ट्रॉन देण्याची तर क्लोरिन अणूची क्षमता एक इलेक्ट्रॉन घेण्याची आहे. म्हणजेच सोडिअम व क्लोरिन दोन्ही मूलद्रव्यांची संयुजा 1 आहे.

आयनिक बंध निर्माण होताना मूलद्रव्यांचा अणू जितके इलेक्ट्रॉन देतो किंवा घेतो ती संख्या म्हणजे त्या मूलद्रव्याची संयुजा होय.

विज्ञान कुपी

धन प्रभारित आयनांना **कॅटायन** (धन आयन) म्हणतात तर ऋण प्रभारित आयनांना **ॲनायन** (ऋण आयन) म्हणतात. उदा. $MgCl_2$ मध्ये Mg^{++}, Cl^- याप्रमाणे धन व ऋण आयन असतात.

मूलद्रव्यांच्या बाह्यतम कक्षेत असणाऱ्या इलेक्ट्रॉन्सना संयुजा इलेक्ट्रॉन म्हणतात.

जरा डोके चालवा.

$MgCl_2$ व CaO ही संयुगे मूलद्रव्यांपासून कशी तयार होतील?

दिल्या किंवा घेतल्या जाणाऱ्या इलेक्ट्रॉन्सची संख्या नेहमी पूर्णांक संख्या असते म्हणून संयुजा नेहमी पूर्णांकातच असते.

कार्य संस्थांचे : राष्ट्रीय रासायनिक प्रयोगशाळा, पुणे **(National Chemical Laboratory)** रसायनशास्त्राच्या विविध शाखामध्ये संशोधन करणे, उद्योगास मदत करणे व देशाच्या नैसर्गिक साधनसंपत्तीचा फायदेशीर वापर होण्याच्या दृष्टीने नवीन तंत्रज्ञानाचा विकास करणे या उद्देशाने CSIR चा घटक असलेल्या या प्रयोगशाळेची स्थापना 1950 साली झाली. जैवतंत्रज्ञान, नॅनोतंत्रज्ञान, कॅटॅलिसिस, औषधे , उपकरणे, कृषी रसायने, वनस्पती ऊतींचे संवर्धन व बहुवारिक विज्ञान (Polymer Science) **अशा** विविध उपशाखांमध्ये संशोधन या प्रयोगशाळेद्वारे होते.

खालील तक्ता पूर्ण करा.

मूलद्रव्य	अणुअंक	इलेक्ट्रॉन संरूपण	संयुजा इलेक्ट्रॉन	संयुजा
हायड्रोजन	1	1	1	1
हेलिअम	2	2	2	0
लिथिअम		2,1		
बेरिलिअम	4			2
बोरॉन	5	2,3		
कार्बन		2,4	4	
नायट्रोजन	7			3
ऑक्सिजन		2,6	6	
फ्ल्युओरिन	9		7	
निऑन	10			
सोडिअम		2,8,1	1	1
मॅग्नेशिअम	12		2	
ॲल्युमिनिअम	13	2,8,3		
सिलिकॉन	14		4	

परिवर्ती संयुजा

वेगवेगळ्या परिस्थितीत काही मूलद्रव्यांचे अणू वेगवेगळ्या संख्येने इलेक्ट्रॉन देतात किंवा घेतात. अशावेळी ती मूलद्रव्ये ते एकापेक्षा जास्त संयुजा दाखवतात.

हे नेहमी लक्षात ठेवा.

लोह (आयर्न) 2 व 3 अशी परिवर्ती संयुजा दर्शवतो. त्यामुळे क्लोरिन बरोबर $FeCl_2$ व $FeCl_3$ अशी दोन संयुगे तयार होतात.

परिवर्ती संयुजा दाखवणारी काही मूलद्रव्ये

मूलद्रव्य	संज्ञा	संयुजा	आयन	नामकरण
तांबे	Cu	1 व 2	Cu^{+} Cu^{2+}	क्यूप्रस क्यूप्रिक
पारा	Hg	1 व 2	Hg^{+} Hg^{2+}	मर्क्यूरस मर्क्यूरिक
लोह	Fe	2 व 3	Fe^{2+} Fe^{3+}	फेरस फेरिक

शोध घ्या

1. परिवर्ती संयुजा असणारी आणखी काही मूलद्रव्ये शोधा.
2. वरीलप्रमाणे परिवर्ती संयुजा असणाऱ्या मूलद्रव्यांची संयुगे शोधा.

मूलके (Radicals)

तक्ता पूर्ण करा खालील तक्त्यातील संयुगांपासून मिळणारे कॅटायन व ॲनायन लिहा

आम्लारी	कॅटायन	ॲनायन	आम्ल	कॅटायन	ॲनायन
NaOH			HCl		
KOH			HBr		
$Ca(OH)_2$			HNO_3		

आयनिक बंध असणाऱ्या संयुगांचे दोन घटक असतात ते म्हणजे कॅटायन (धनप्रभारित आयन) व ॲनायन (ऋणप्रभारित आयन). हे घटक स्वतंत्रपणे रासायनिक अभिक्रियांमध्ये भाग घेतात, त्यामुळे त्यांना मूलके असे म्हणतात. कॅटायनरूपी मूलकांची जोडी हायड्रॉक्साईड ह्या ॲनायनरूपी मूलकासोबत झाली की, विविध आम्लारी तयार होतात, जसे NaOH, KOH. त्यामुळे कॅटायनांना आम्लारिधर्मी मूलके असेही म्हणतात. विविध आम्लारींमधील फरक या मूलकामुळे स्पष्ट होतो. या उलट ॲनायनरूपी मूलकांची जोडी हायड्रोजन आयन ह्या कॅटायनरूपी मूलकाबरोबर झाली की विविध आम्ले तयार होतात, जसे HCl, HBr. त्यामुळे ॲनायनांना आम्लधर्मी मूलके असेही म्हणतात. विविध आम्लांच्या संघटनांतील फरक हा त्यांच्यातील आम्लधर्मी मूलकांमुळे स्पष्ट होतो.

सांगा पाहू !

पुढील मूलकांपैकी आम्लारिधर्मी मूलके व आम्लधर्मी मूलके कोणती ?
Ag^+, Cu^{2+}, Cl^-, I^-, $SO_4^{\,2-}$, Fe^{3+}, Ca^{2+}, $NO_3^{\,-}$, S^{2-}, $NH_4^{\,+}$, K^+, $MnO_4^{\,-}$, Na^+

सामान्यतः आम्लारिधर्मी मूलके धातूंच्या अणूंपासून इलेक्ट्रॉन काढल्यावर बनतात. जसे Na^+ , Cu^{2+} परंतु याला काही अपवाद आहेत, जसे $NH_4^{\,+}$ तसेच, आम्लधर्मी मूलके सामान्यतः अधातूंच्या अणूंमध्ये इलेक्ट्रॉन मिळवून बनतात जसे Cl^-, S^{2-} परंतु याला काही अपवाद आहेत जसे $MnO_4^{\,-}$

जरा डोके चालवा.

पुढील मूलकांचे दोन गटात वर्गीकरण करा. हे करताना वर उपयोगात आणलेल्या त्यांच्यावरील विद्युतप्रभाराच्या चिन्हांपेक्षा वेगळा निकष वापरा.
Ag^+, Mg^{2+}, Cl^-, $SO_4^{\,2-}$, Fe^{2+}, $ClO_3^{\,-}$, $NH_4^{\,+}$, Br^-, $NO_3^{\,-}$

एकच अणू असलेली मूलके म्हणजे साधी मूलके होत, जसे Na^+, Cu^+, Cl^-

जेव्हा एखादे मूलक म्हणजे प्रभारित असा अणूंचा गट असतो तेव्हा त्याला संयुक्त मूलक म्हणतात, जसे $SO_4^{\,2-}$, $NH_4^{\,+}$. मूलकांवरील प्रभाराचे जे मूल्य असते तीच त्यांची संयुजा असते.

संयुगाची रासायनिक सूत्रे – एक पुनरावलोकन

आयनिक बंधाने तयार झालेल्या संयुगांचे वैशिष्ट्य म्हणजे त्यांच्या रेणूचे दोन भाग असतात व ते म्हणजे कॅटायन व ॲनायन म्हणजेच आम्लारिधर्मी मूलक व आम्लधर्मी मूलक. हे दोन भाग विरुद्ध प्रभारित असतात.त्याच्यातील आकर्षण बल म्हणजेच आयनिक बंध होय. आयनिक संयुगाच्या नावात दोन शब्द असतात. पहिला शब्द कॅटायनाचे नाव असते तर, दुसरा शब्द ॲनायनचे नाव असते. जसे सोडिअम क्लोराइड अशा संयुगाचे रासायनिक सूत्र लिहिताना कॅटायनाची संज्ञा डाव्या बाजूला तर त्याला जोडूनच उजव्या बाजूला ॲनायनांची संज्ञा लिहितात.

रेणुसूत्र लिहिताना आयनांवरील प्रभार दाखवत नाहीत मात्र त्या त्या आयनांची संख्या संज्ञेच्या उजव्या बाजूला पायाशी लिहितात. संयुक्त मूलकाची संख्या 2 किंवा जास्त असल्यास मूलकाची संज्ञा कंसात लिहून संख्या कंसाबाहेर उजवीकडे पायाशी लिहितात. संयुजांच्या तिरकस गुणाकार पद्धतीने ही संख्या मिळवणे सोपे जाते. उदा., सोडिअम सल्फेट या संयुगाचे रासायनिक सूत्र लिहिण्याच्या पायऱ्या पुढील पानावर आहेत.

जोड माहिती संप्रेषण तंत्रज्ञानाची

द्रव्याचे मोजमाप व इतर माहिती अभ्यासण्यासाठी शेजारी दिलेल्या संकेतस्थळांची मदत घ्या.

मूलद्रव्यांचे अणुवस्तुमान, इलेक्ट्रॉन संरूपण व संयुजा संदर्भात स्प्रेडशीट तयार करा.

संकेतस्थळे

www.organic.chemistry.org
www. masterorganicchemistry.com
www. rsc.org.learnchemistry

पायरी 1 : मूलकांच्या संज्ञा लिहिणे (आम्लारिधर्मी मूलक डाव्या बाजूला.)

Na $\quad\quad$ SO_4

पायरी 2 : त्या त्या मूलकाच्या खाली त्याची संयुजा लिहिणे.

Na $\quad\quad$ SO_4

1 $\quad\quad$ 2

पायरी 3 : मूलकाची संख्या मिळवण्यासाठी बाणाने दर्शवल्याप्रमाणे तिरकस गुणाकार करणे.

Na ↖ ↗ SO_4

1 ↗ ↘ 2

पायरी 4 : संयुगाचे रासायनिक सूत्र लिहिणे.

Na_2SO_4

विविध संयुगांची रासायनिक रेणूसुत्रे लिहिण्यासाठी त्यातील मूलकाच्या संयुजा माहीत असणे आवश्यक आहे. खालील तक्त्यात नेहमी लागणाऱ्या मूलकांची नावे, त्यांच्या प्रभारासहित संज्ञा दिल्या आहेत.

आयन/मूलके

आम्लारिधर्मी मूलके				आम्लधर्मी मूलके			
H^+	हायड्रोजन	Al^{3+}	ॲल्युमिनिअम	H^-	हायड्राइड	MnO_4^-	परमँगनेट
Na^+	सोडिअम	Cr^{3+}	क्रोमिअम	F^-	फ्लुओराइड	ClO_3^-	क्लोरेट
K^+	पोटॅशिअम	Fe^{3+}	फेरिक	Cl^-	क्लोराइड	BrO_3^-	ब्रोमेट
Ag^+	सिल्व्हर	Au^{3+}	गोल्ड	Br^-	ब्रोमाइड	IO_3^-	आयोडेट
Hg^+	मर्क्युरस	Sn^{4+}	स्टॅनिक	I^-	आयोडाइड	CO_3^{2-}	कार्बोनेट
Cu^+	क्यूप्रस	NH_4^+	अमोनिअम	O^{2-}	ऑक्साइड	SO_4^{2-}	सल्फेट
Cu^{2+}	क्यूप्रिक/कॉपर			S^{2-}	सल्फाइड	SO_3^{2-}	सल्फाइट
Mg^{2+}	मॅग्नेशिअम			N^{3-}	नायट्राइड	CrO_4^{2-}	क्रोमेट
Ca^{2+}	कॅल्शिअम					$Cr_2O_7^{2-}$	डायक्रोमेट
Ni^{2+}	निकेल			OH^-	हायड्रॉक्साईड	PO_4^{3-}	फॉस्फेट
Co^{2+}	कोबाल्ट			NO_3^-	नायट्रेट		
Hg^{2+}	मक्युरिक			NO_2^-	नायट्राइट		
Mn^{2+}	मँगेनीज			HCO_3^-	बायकार्बोनेट		
Fe^{2+}	फेरस (आयर्न II)			HSO_4^-	बायसल्फेट		
Sn^{2+}	स्टॅनस			HSO_3^-	बायसल्फाइट		
Pt^{2+}	प्लॅटिनम						

पुस्तक माझे मित्र.

Essentials of Chemistry, The Encyclopedia of Chemistry, विज्ञान आणि तंत्रज्ञान कोश.

जरा डोके चालवा.

आयन/मूलके या तक्त्याचा व तिरकस गुणाकार पद्धतीचा उपयोग करून खालील संयुगांची रासायनिक सूत्रे तयार करा.

कॅल्शिअम कार्बोनेट, सोडिअम बायकार्बोनेट, सिल्व्हर क्लोराइड, मॅग्नेशिअम ऑक्साइड, कॅल्शिअम हायड्रॉक्साइड, अमोनिअम फॉस्फेट, क्यूप्रस ब्रोमाइड, कॉपर सल्फेट, पोटॅशिअम नायट्रेट, सोडिअम डायक्रोमेट.

स्वाध्याय

1. **उदाहरणे लिहा.**
   अ. धन आयन
   आ. आम्लारिधर्मी मूलके
   इ. संयुक्त मूलके
   इ. परिवर्ती संयुजा असलेले धातू
   उ. द्वि-संयुजी आम्लधर्मी मूलके
   ऊ. त्रि-संयुजी आम्लारिधर्मी मूलके
2. **खालील मूलद्रव्ये व त्यांच्यापासून मिळणाऱ्या मूलकांच्या संज्ञा लिहून मूलकांवरील प्रभार दर्शवा.**
   पारा, पोटॅशियम, नायट्रोजन, तांबे, कार्बन, सल्फर, क्लोरिन, ऑक्सिजन
3. **खालील संयुगांची रासायनिक सूत्रे तयार करण्याच्या पायऱ्या लिहा.**
   सोडिअम सल्फेट, पोटॅशियम नायट्रेट, फेरिक फॉस्फेट, कॅल्शिअम ऑक्साइड, ॲल्युमिनिअम हायड्रॉक्साइड
4. **खालील प्रश्नांची उत्तरे स्पष्टीकरणासह लिहा.**
   अ. सोडिअम हे मूलद्रव्य एकसंयुजी कसे आहे?
   आ. M हा द्विसंयुजी धातू आहे. सल्फेट आणि फॉस्फेट मूलकांबरोबर त्याने तयार केलेल्या संयुगांची रासायनिक सूत्रे शोधण्यातील पायऱ्या लिहा.
   इ. अणुवस्तुमानासाठी संदर्भ अणूची आवश्यकता स्पष्ट करा. दोन संदर्भअणूंची माहिती द्या.
   ई. 'अणूचे एकीकृत वस्तुमान' म्हणजे काय?
   उ. पदार्थाचा मोल म्हणजे काय ते उदाहरणासहित स्पष्ट करा.
5. **खालील संयुगांची नावे लिहा व रेणुवस्तुमाने काढा.**
   Na_2SO_4, K_2CO_3, CO_2, $MgCl_2$, $NaOH$, $AlPO_4$, $NaHCO_3$
6. **दोन वेगवेगळ्या मार्गांनी चुनकळीचे 'म' आणि 'न' हे दोन नमुने मिळाले. त्यांच्या संघटनाचे तपशील पुढीलप्रमाणे :**
   'नमुना म' : वस्तुमान 7 ग्रॅम
   घटक ऑक्सिजनचे वस्तुमान : 2 ग्रॅम
   घटक कॅल्शियमचे वस्तुमान : 5 ग्रॅम
   'नमुना न' : वस्तुमान 1.4 ग्रॅम
   घटक ऑक्सिजनचे वस्तुमान : 0.4 ग्रॅम
   घटक कॅल्शियमचे वस्तुमान : 1 ग्रॅम
   यावरून रासायनिक संयोगाचा कोणता नियम सिद्ध होतो ते स्पष्ट करा.
7. **खालील राशींमधील त्या त्या पदार्थाच्या रेणूंची संख्या काढा.**
   32 ग्रॅम ऑक्सिजन, 90 ग्रॅम पाणी , 8.8 ग्रॅम कार्बन डायऑक्साइड, 7.1 ग्रॅम क्लोरिन
8. **खालील पदार्थांचे 0.2 मोल हवे असल्यास त्यांच्या किती ग्रॅम राशी घ्याव्या लागतील?**
   सोडिअम क्लोराईड, मॅग्नेशिअम ऑक्साईड, कॅल्शिअम कार्बोनेट

उपक्रम :

पुठ्ठे, लहान चुंबक चकत्या व ॲरल्डाईट यांचा वापर करून विविध मूलकांच्या प्रतिकृती बनवा व त्यांच्यापासून विविध संयुगांचे रेणू बनवा.

◈◈◈

F66DH8