

### Tanabe-Sugano Matrices for $d^2$

---

${}^1A_1$		
$t^2$	$10B + 5C$	$\sqrt{6}(2B + C)$
$e^2$	$\sqrt{6}(2B + C)$	$8B + 4C + 20Dq$

---



---

${}^1E$		
$t^2$	$B + 2C$	$-2\sqrt{3}B$
$e^2$	$-2\sqrt{3}B$	$2C + 20Dq$

---



---

${}^1T_2$		
$t^2$	$B + 2C$	$2\sqrt{3}B$
$et$	$2\sqrt{3}B$	$2C + 10Dq$

---



---

${}^1T_1$ et	$4B + 2C + 10Dq$
--------------	------------------

---



---

${}^3T_1$		
$t^2$	$-5B$	$6B$
$et$	$6B$	$4B + 10Dq$

---



---

${}^3A_2$ $e^2$	$-8B + 20Dq$
-----------------	--------------

---



---

${}^3T_2$ et	$-8B + 10Dq$
--------------	--------------

---

### Tanabe-Sugano Matrices for $d^3$

---

${}^2T_2$					
$t^3$	-12Dq + 5C	$-3\sqrt{3}B$	$-5\sqrt{3}B$	4B + 2C	2B
$t^2 ({}^3T_1) e$		-2Dq - 6B + 3C	3B	$-3\sqrt{3}B$	$-3\sqrt{3}B$
$t^2 ({}^1T_2) e$			-2Dq + 4B + 3C	$-\sqrt{3}B$	$\sqrt{3}B$
$te^2 ({}^1A_1)$				8Dq + 6B + 5C	10B
$te^2 ({}^1E)$					8Dq - 2B + 3C

---

${}^2T_1$					
$t^3$	-12Dq - 6B + 3C	-3B	3B	0	$-2\sqrt{3}B$
$t^2 ({}^3T_1) e$		-2Dq - 6B + 3C	-3B	3B	$3\sqrt{3}B$
$t^2 ({}^1T_2) e$			-2Dq + 4B + 3C	-3B	$-\sqrt{3}B$
$te^2 ({}^1A_1)$				8Dq - 6B + 3C	$2\sqrt{3}B$
$te^2 ({}^1E)$					8Dq - 2B + 3C

---

${}^2E$					
$t^3$	-12Dq - 6B + 3C	$-6\sqrt{2}B$	$-3\sqrt{2}B$	0	
$t({}^1A_1)e^2$		-2Dq + 8B + 6C	10B	$\sqrt{3}(2B + C)$	
$t({}^1E)e^2$			-2Dq - B + 3C	$2\sqrt{3}B$	
$e^3$				18Dq - 8B + 4C	

---

${}^4T_1$		
$t^2 e ({}^3T_1)$	-2Dq - 3B	6B
$te^2 ({}^3A_2)$		8Dq - 12B

---

${}^4A_2 ({}^4F) t^3$	-12Dq - 15B
${}^4T_2 ({}^4F) t^2 ({}^3T_1) e$	-2Dq - 15B
${}^2A_1 ({}^2G) t^2 ({}^1E) e$	-2Dq - 11B + 3C
${}^2A_2 ({}^2F) t^2 ({}^1E) e$	-2Dq + 9B + 3C

### Tanabe-Sugano Matrices for $d^4$

${}^1E$					
$t^4$	$-16Dq - 9B + 7C$	$6B$	$\sqrt{2}(2B + C)$	$-2B$	$-4B$
$t^3({}^3E)e$		$-6Dq - 6B + 6C$	$-3\sqrt{2}B$	$-12B$	$0$
$t^2({}^1E)e^2({}^1A_1)$			$4Dq + 5B + 8C$	$10\sqrt{2}B$	$-10\sqrt{2}B$
$t^2({}^1A)e^2({}^1E)$				$4Dq + 6B + 9C$	$0$
$t^2({}^1E)e^2({}^1E)$					$4Dq - 3B + 6C$
<hr/>					
${}^3T_2$					
$t^3({}^3T_1)e$	$-6Dq - 9B + 4C$	$-5\sqrt{3}B$	$\sqrt{6}B$	$\sqrt{3}B$	$-\sqrt{6}B$
$t^3({}^3T_2)e$		$-6Dq - 5B + 6C$	$-3\sqrt{2}B$	$3B$	$\sqrt{2}(3B + C)$
$t^2({}^3T_2)e^2({}^3A_2)$			$4Dq - 13B + 4C$	$-2\sqrt{2}B$	$-6B$
$t^2({}^3T_1)e^2({}^1E)$				$4Dq - 9B + 4C$	$3\sqrt{2}B$
$te^3$					$14Dq - 8B + 5C$
<hr/>					
${}^1T_1$					
$t^3({}^3T_1)e$	$-6Dq - 3B + 6C$	$5\sqrt{3}B$	$3B$	$\sqrt{6}B$	
$t^3({}^3T_2)e$		$-6Dq - 3B + 8C$	$-5\sqrt{3}B$	$\sqrt{2}(B + C)$	
$t^3({}^1T_2)e^2({}^1E)$			$4Dq - 3B + 6C$	$-\sqrt{6}B$	
$te^3$				$14Dq - 16B + 7C$	
<hr/>					
${}^3E$				${}^5E t^3({}^1A_2)e$	$-6Dq - 21B$
$t^3({}^1A_2)e$	$-6Dq - 13B + 4C$	$-4B$	$0$	${}^5T_2 t^2({}^3T_1)e^2({}^3A_2)$	$4Dq - 21B$
$t^3({}^3E)e$		$-6Dq - 10B + 4C$	$-3\sqrt{2}B$	${}^3A_1 t^3({}^3E)e$	$-6Dq - 12B + 4C$
$t^2({}^1E)e^2({}^3A_2)$			$4Dq - 11B + 4C$		

**Tanabe-Sugano Matrices for  $d^4$  (continued)**

${}^1A_2$				${}^3A_2$			
$t^3 ({}^3E) e$	-6Dq - 12B + 6C	6B		$t^3 ({}^3E) e$	-6Dq - 8B + 4C	-12B	
$t^2 ({}^1E) e^2 ({}^1E)$		4Dq - 3B + 6C		$t^2 ({}^1A_1) e^2 ({}^3A_2)$		4Dq - 2B + 7C	
${}^3T_1$				$t^4$			
$t^4$	-16Dq - 15B + 5C	$-\sqrt{6} B$	$-3\sqrt{2} B$	$\sqrt{2} (2B + C)$	$-2\sqrt{2} B$	0	0
$t^3 ({}^3T_1) e$		-6Dq - 11B + 4C	$5\sqrt{3} B$	$\sqrt{3} B$	$-\sqrt{3} B$	3B	$\sqrt{6} B$
$t^3 ({}^3T_2) e$			-6Dq - 11B + 6C	-3B	-3B	$5\sqrt{3} B$	$\sqrt{2} (B + C)$
$t^2 ({}^3T_1) e^2 ({}^1A_1)$				4Dq - B + 6C	-10B	0	$3\sqrt{2} B$
$t^2 ({}^3T_1) e^2 ({}^1E)$					4Dq - 9B + 4C	$-2\sqrt{3} B$	$-3\sqrt{2} B$
$t^2 ({}^3T_2) e^2 ({}^3A_2)$						4Dq - 11B + 4C	$\sqrt{6} B$
$te^3$							14Dq - 16B + 5C
${}^1T_2$				$t^4$			
$t^4$	-16Dq - 9B + 5C	$3\sqrt{2} B$	$-5\sqrt{6} B$	0	$-2\sqrt{2} B$	$\sqrt{2} (2B + C)$	0
$t^3 ({}^3T_1) e$		-6Dq - 9B + 6C	$-5\sqrt{3} B$	3B	-3B	-3B	$-\sqrt{6} B$
$t^3 ({}^3T_2) e$			-6Dq + 3B + 8C	$-3\sqrt{3} B$	$5\sqrt{3} B$	$-5\sqrt{3} B$	$\sqrt{2} (3B + C)$
$t^2 ({}^3T_1) e^2 ({}^1A_1)$				4Dq - 9B + 6C	-6B	0	$-3\sqrt{6} B$
$t^2 ({}^1T_1) e^2 ({}^1E)$					4Dq - 3B + 6C	-10B	$\sqrt{6} B$
$t^2 ({}^1T_2) e^2 ({}^1A_2)$						4Dq + 5B + 8C	$\sqrt{6} B$
$te^3$							14Dq + 7C
${}^1A_1$				$t^4$			
$t^4$	-16Dq + 10C	$-12\sqrt{2} B$	$\sqrt{2} (4B + 2C)$	$2\sqrt{2} B$	0	0	0
$t^3 ({}^2E) e$		-6Dq + 6C	-12B	-6B	0	0	0
$t^2 ({}^1A_1) e^2 ({}^1A_1)$			4Dq + 14B + 11C	20B	$\sqrt{6} B (2B + C)$	0	0
$t^2 ({}^1E) e^2 ({}^1E)$				4Dq - 3B + 6C	$2\sqrt{6} B$	0	0
$e^4$						24Dq - 16B + 8C	0

### Tanabe-Sugano Matrices for $d^5$

${}^2A_2$			
$t^4 ({}^1E) e$	-10Dq - 23B + 9C	$3\sqrt{2} B$	-2B + C
$t^3 ({}^2E) e^2 ({}^1E)$		-12B + 8C	$-3\sqrt{2} B$
$t^3 ({}^1E) e^2$			10Dq - 23B + 9C

${}^6A_1 ({}^6S) t^3 ({}^4A_2) e^2 ({}^2A_2)$	-35B
${}^4A_1 ({}^4G) t^3 ({}^4A_2) e^2 ({}^2A_2)$	-25B + 5C
${}^4A_2 ({}^4F) t^3 ({}^4A_2) e^2 ({}^1A_1)$	-13B + 7C

${}^2A_1$				
$t^4 ({}^1E) e$	-10Dq - 3B + 9C	$-3\sqrt{2} B$	0	6B + C
$t^3 ({}^2E) e^2 ({}^1E)$		-12B + 8C	$-4\sqrt{3} B$	$3\sqrt{2} B$
$t^3 ({}^4A_2) e^2 ({}^3A_2)$			-19B + 8C	0
$t^3 ({}^1E) e^3$				10Dq - 3B + 9C

${}^4E$		
$t^3 ({}^2E) e^2 ({}^3A_2)$	-22B + 5C	$-2\sqrt{3} B$
$t^3 ({}^4A_2) e^2 ({}^1E)$		-21B + 5C

${}^4T_1$			
$t^4 ({}^2T_1) e$	-10Dq - 25B + 6C	$-3\sqrt{2} B$	C
$t^3 ({}^2T_2) e^2 ({}^3A_2)$		-16B + 7C	$-3\sqrt{2} B$
$t^3 ({}^3T_1) e^2$			10Dq - 25B + 6C

${}^4T_2$			
$t^4 ({}^3T_1) e$	-10Dq - 17B + 6C	$\sqrt{6} B$	4B + C
$t^3 ({}^2T_1) e^2 ({}^3A_2)$		-22B + 5C	$-\sqrt{6} B$
$t^2 ({}^3T_1) e^3$			10Dq - 17B + 6C

${}^2E$							
$t^4 ({}^1A_1) e$	-10Dq - 4B + 12C	10B	6B	$6\sqrt{3} B$	$6\sqrt{2} B$	-2B	4B + 2C
$t^4 ({}^1E) e$		-10Dq - 13B + 9C	-3B	$3\sqrt{3} B$	0	2B + C	2B
$t^3 ({}^2E) e^2 ({}^1A_1)$			-4B + 10C	0	0	-3B	-6B
$t^3 ({}^2E) e^2 ({}^3A_2)$				-16B + 8C	$2\sqrt{6} B$	$-3\sqrt{3} B$	$6\sqrt{3} B$
$t^3 ({}^2E) e^2 ({}^1E)$					-12B + 8C	0	$6\sqrt{2} B$
$t^2 ({}^1E) e^3$						10Dq - 13B + 9C	-10B
$t^2 ({}^1A_1) e^3$							10Dq - 4B + 12C

### Tanabe-Sugano Matrices for $d^5$ (continued)

${}^2T_2$										
$t^5$	$-20Dq - 20B + 10C$	$3\sqrt{6} B$	$\sqrt{6} B$	0	$-2\sqrt{3} B$	$4B + 2C$	2B	0	0	0
$t^4 ({}^3T_1) e$		$-10Dq - 8B + 9C$	3B	$(\sqrt{6}/2)B$	$-(3\sqrt{2}/2)B$	$(3\sqrt{6}/2)B$	$(3\sqrt{6}/2)B$	0	$4B + C$	0
$t^4 ({}^1T_2) e$			$-10Dq - 18B + 9C$	$(3\sqrt{6}/2)B$	$-(3\sqrt{2}/2)B$	$(5\sqrt{6}/2)B$	$-(5\sqrt{6}/2)B$	C	0	0
$t^3 ({}^2T_1) e^2 ({}^3A_2)$				$-16B + 8C$	$2\sqrt{3} B$	0	0	$-(3\sqrt{6}/2)B$	$-(\sqrt{6}/2)B$	0
$t^3 ({}^2T_1) e^2 ({}^1E)$					$-12B + 8C$	$-10\sqrt{3} B$	0	$(3\sqrt{2}/2)B$	$(3\sqrt{2}/2)B$	$-2\sqrt{3} B$
$t^3 ({}^2T_2) e^2 ({}^1A_1)$						$2B + 12C$	0	$-(5\sqrt{6}/2)B$	$-(3\sqrt{6}/2)B$	$4B + 2C$
$t^3 ({}^2T_2) e^2 ({}^1E)$							$-6B + 10C$	$-(5\sqrt{6}/2)B$	$(3\sqrt{6}/2)B$	-2B
$t^2 ({}^1T_2) e^3 ({}^2E)$								$10Dq - 18B + 9C$	3B	$-\sqrt{6} B$
$t^2 ({}^3T_1) e^3 ({}^2E)$									$10Dq - 8B + 9C$	$-3\sqrt{6} B$
$t e^4$										$20Dq - 20B + 10C$
<hr/>										
${}^2T_1$										
$t^4 ({}^3T_1) e$	$-10Dq - 22B + 9C$		-3B	$-(3\sqrt{2}/2)B$	$(3\sqrt{2}/2)B$	$-(3\sqrt{2}/2)B$	$-(3\sqrt{6}/2)B$	0		C
$t^4 ({}^1T_2) e$		$-10Dq - 8B + 9C$		$(3\sqrt{2}/2)B$	$(3\sqrt{2}/2)B$	$(15\sqrt{2}/2)B$	$(5\sqrt{6}/2)B$	$4B + C$		0
$t^3 ({}^2T_1) e^2 ({}^1A_1)$			$-4B + 10C$	0	0	0	$10\sqrt{3} B$	$(3\sqrt{2}/2)B$		$-(3\sqrt{2}/2)B$
$t^3 ({}^2T_1) e^2 ({}^1E)$				$-12B + 8C$	0	0	0	$-(3\sqrt{2}/2)B$		$-(3\sqrt{2}/2)B$
$t^3 ({}^2T_1) e^2 ({}^3A_2)$						$-10B + 10C$	$2\sqrt{3} B$	$(15\sqrt{2}/2)B$		$-(3\sqrt{2}/2)B$
$t^3 ({}^2T_2) e^2 ({}^1E)$							$-6B + 10C$	$(5\sqrt{6}/2)B$		$-(3\sqrt{6}/2)B$
$t^2 ({}^1T_1) e^3$								$-8B + 9C$		-3B
$e^2 ({}^3T_1) e^3$										$10Dq - 22B + 9C$