Электрон в атоме водорода может поменять состояние, или терм, или конфигурацию. Но не произвольно.
Если мы считаем, что переход осуществляется под действием э/м поля, да ещё в дипольном приближении, тосуществуют следующие правила:
Спин и проекция спина навсегда будут у электрона одни и те же

$$\Delta s = 0$$

$$\Delta m_s = 0$$

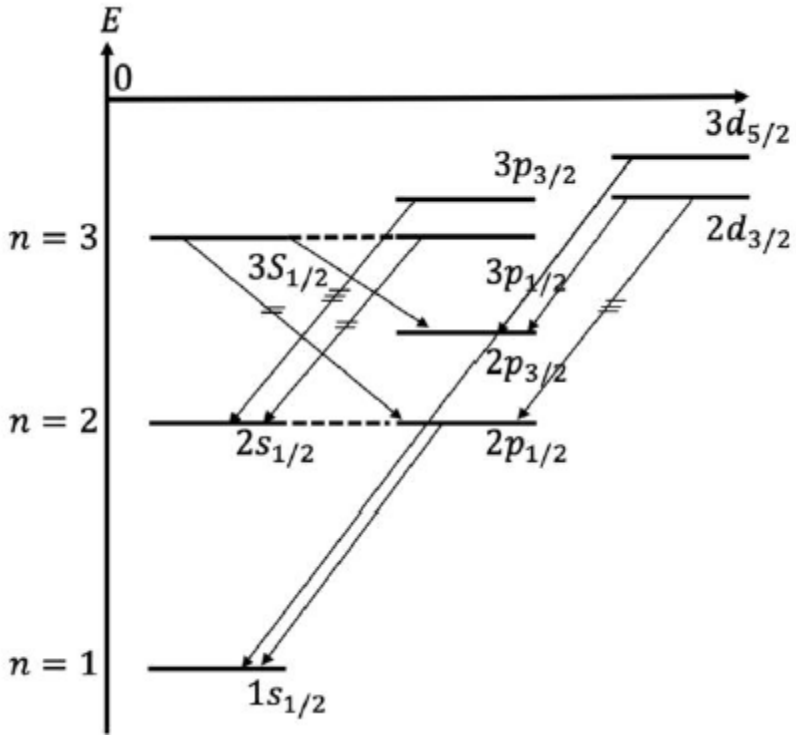
А вот всё остальное может меняться, но потихоньку:

$$\Delta l = \pm 1, \ \Delta m_l = 0, \pm 1$$

$$\Delta j = 0, \pm 1$$

$$\Delta m_j = 0, \pm 1$$

У атома водорода l может меняться только на +-1 ($\Delta l = \pm 1$ именно к нему), у щелочных металлов ограничения «Δl не может быть равно 0» нет, и там l может остаться тем же. А в остальном правила для водорода и щелочных металлов те же.
Таким образом, в атоме водорода запрещены переходы с s на s, с d на d, с p на p, с s на d.
Возможные переходы в атоме водорода:



Переход 3d5/2->2p1/2, хоть и меняет l на 1, невозможен потому, что j там меняется аж на 2, что недопустимо.

А что касается многоэлектронных атомов? По-прежнему $\Delta S = 0$, $\Delta J = 0, \pm 1$ и два интересных правила на орбитальный момент.
Во-первых, обязательно должна поменяться чётность. Чётность определяется конфигурацией и считается по формуле $P = (-1)^{\sum \ell_1}$.
Следствие. Переходы между термами одной конфигурации невозможны.
Док-во следствие: Чётность определяется конфигурацией, и одна и та же у всех термов одной конфигурации. А она при переходе должна поменяться. Противоречие.

Кроме того, $\Delta L = 0, \pm 1$. Стоп – как L может остаться тем же, если меняется чётность? Потому что L – вовсе не сумма всех орбитальных моментов. Точнее, сумма, но не алгебраическая. За счёт этого атом может поменять чётность, но не L.

Также частенько будут возникать вопросы: а ***самопроизвольный*** переход 5p->4d, например, возможен? Ведь 5>4, но p<d. Что энергетически выгоднее?
Есть т.н. ***ряд Бутлерова***

$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 6s^2 4f^{14} 5d^{10} 6p^6 \ldots$$

Что левее – то и энергетически выгодней.
Если вы вдруг любите химию и наизусть помните таблицу Менделеева (это мой случай), то можете его выписать по памяти.
Если вы не хотите этот заряд запоминать, предлагаю мнемоническое правило***у которого нет названия, я буду его называть правилом Кленова***: если спорный случай (квантовое число меньше в одной конфигурации, а орбитальный момент другой), то приоритет у цифры. Значит, 5p всё-таки больше 4d и такой самопроизвольный
переход возможен.
Аналогично 5d может самопроизвольно превратиться в 4f, в паре (4p , 5s) самопроизвольным будет переход с 5s на 4p. Цифра играет определяющую роль.
Следствие этого правила: в результате переходов в дипольном приближении квантовое число может только понижаться.

16.19. В атоме водорода электрон находится в одном из состояний 5s, 5p, 5d, 5f. Какие спектральные линии и каких серий могут возникнуть при спонтанных переходах в каждом из этих случаев? Тонкую структуру не учитывать. Схему уровней и возможных переходов изобразить графически.

Очень длинная и долгая задача. Т.к. переходы спонтанны, рассматриваем только переходы вниз. Начнём с 5s. Он может прыгнуть на 4p, 3p, 2p… 1p нет, значит, всё. В борьбе 4p и 5s 4p будет лежать ниже по правилу Кленова, так что переход 5s->4p возможен..

5d, помимо p, может запрыгивать ещё наd. Получаем 5p, 4p, 3p, 2p (это на p) и 4f. 5p будет прыгать или на d, или на s. На s возможны переходы на 1s, 2s, 3s, 4s, 5s, на d – на 4d, на 3d.

5f будет прыгать или на d, или на g. Минимальная оболочка с орбитальным числом g имеет квантовое число 5. 5f->5g, естественно, энергетически невыгодно, поэтому будут только переходы на d: 5d, 4d, 3d.

Замечание. Перескок с fна sневозможен потому, что у нас одноэлектронный водород, где L есть орбитальный момент единственного электрона. Так бы L изменилось бы сразу на 3, что недопустимо. Если бы у нас был многоэлектронный атом, то такой перескок был бы возможен.

Вот все возможные переходы! Несмотря на всё разнообразие переходов, без учёта тонкой структуры линий в спектрографе будет всего 4 линии: с n=5 на n=4, с cn=5 на n=3, с n=5 на n=2, с cn=5 на n=1.

16.24. Являются ли нижеуказанные переходы разрешенными в электрическом дипольном приближении (указаны конфигурации и термы):

$s^2\ {}^1S \leftrightarrow sp\ {}^1P$; $pd\ {}^1D \leftrightarrow sp\ {}^1P$; $np^2\ {}^3D \leftrightarrow npn'p\ {}^3D$; $p^2\ {}^1D \leftrightarrow pd\ {}^1D$; $p^2\ {}^1S \leftrightarrow ps\ {}^1P$?

Очень простая задача. Считаем $(-1)^l$было-стало для каждой пары. На терм даже можем внимания не обращать, нам хватит конфигурацию

Пара №	Что произошло	Что говорит правило Лапорта
1	s-электрон стал p-электроном	норм
2	d-электрон стал s-электроном	в бан
3	p-электрон стал p-электроном (но на другой оболочке)	вбан
4	p-электрон стал p-электроном	Норм
5	p-электрон стал s-электроном	Норм

Сверяемся с ответами:

16.24. Переходы $pd\ {}^1D \leftrightarrow sp\ {}^1P$ и $np^2\ {}^3D \leftrightarrow np,n'p\ {}^3D$ запрещены правилом Лапорта (оба терма одинаковой четности). Остальные переходы разрешены.

16.27. Найдите все термы, принадлежащие основной конфигурации иона O^{++} и расположите их в порядке возрастания энергии. Возможны ли разрешенные переходы из найденных вышележащих термов в основной? Укажите все правила отбора, разрешающие или запрещающие переход.

Обратите внимание, что у нас ион кислорода, и электронов у него столько же, сколько у углерода – 6. Основная конфигурация $1s^2 2s^2 2p^2$.

$1s^2 2s^2$заполнены полностью, принципиальным для нас будет $2p^2$. Сложим орбитальные моменты: от 1-1 до 1+1, т.е. 0, 1, 2 – S, P, D. Смотрим спин – мы может получить какS=0, т.к. и S=1. Но L+S обязательно должно быть чётным.

Получаем три терма: ^3P, ^1D, ^1S.Основной по правилу Хунда^3P.

Мы помним, что это термы одной конфигурации, а термы одной конфигурации не могут переходить друг в друга. Значит, не будет переходов внутри конфигурации.

Проверяем:

16.27. В порядке возрастания энергии ^3P, ^1D, ^1S. Переходы из ^1D, ^1S запрещены правилом Лапорта и по спину.

Отлично!

16.36. Атом серы находится на терме ^1F, принадлежащим электронной конфигурации $3p4d$. В какие нижележащие термы электромагнитные переходы разрешены в дипольном приближении?

1F, значит l=3. Верхний слева индекс – это мультиплетность 2S+1. Значит, спин данного терма 0.

Вообще переходов существует бесконечного много, но у нас не зря написано «низлежайшие термы». Будем искат переходы вниз

У серы полностью заполнены $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ и вот два избыточных электрона – один на 3p, другой на 4d.

Заметим, что электрону 3p дальше деградировать уже некуда – всё, что ниже, уже заполнено. А вот электрону 4d есть куда деградировать.

На s он не может упасть, т.к. тогда дельта l будет 2. На f тоже, потому что минимальный уровень с f – это 4f, а 4d явно лежит ниже 4f.

Остаются переходы на p: 3p, 4p, 5p. Первые два лежат точно ниже 4d:

3p (3<4 ир<d)

4p (p<d).

А вот 5p лежит выше 4d по правилу Клёнова.

Вот они, два возможных перехода.

$$3p4d\ ^1F^o \rightarrow 3p4p\ ^1D\ ,\ 3p4d\ ^1F^o \rightarrow 3p^2\ ^1D$$